

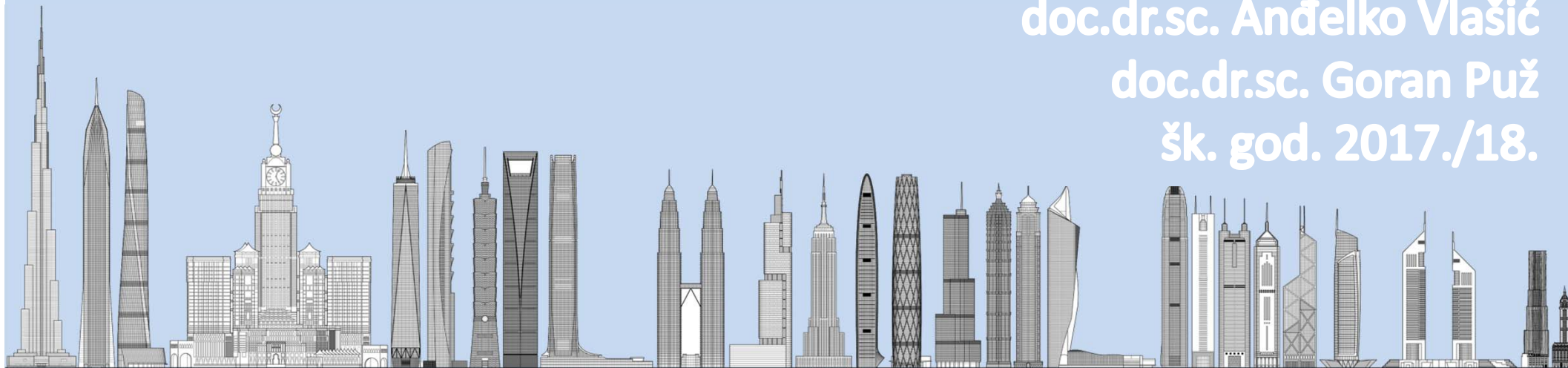
Građevinski Fakultet
Sveučilište u Zagrebu

VISOKE GRAĐEVINE

10. Predavanje

Hibridni i neobični sustavi

doc.dr.sc. Anđelko Vlašić
doc.dr.sc. Goran Puž
šk. god. 2017./18.



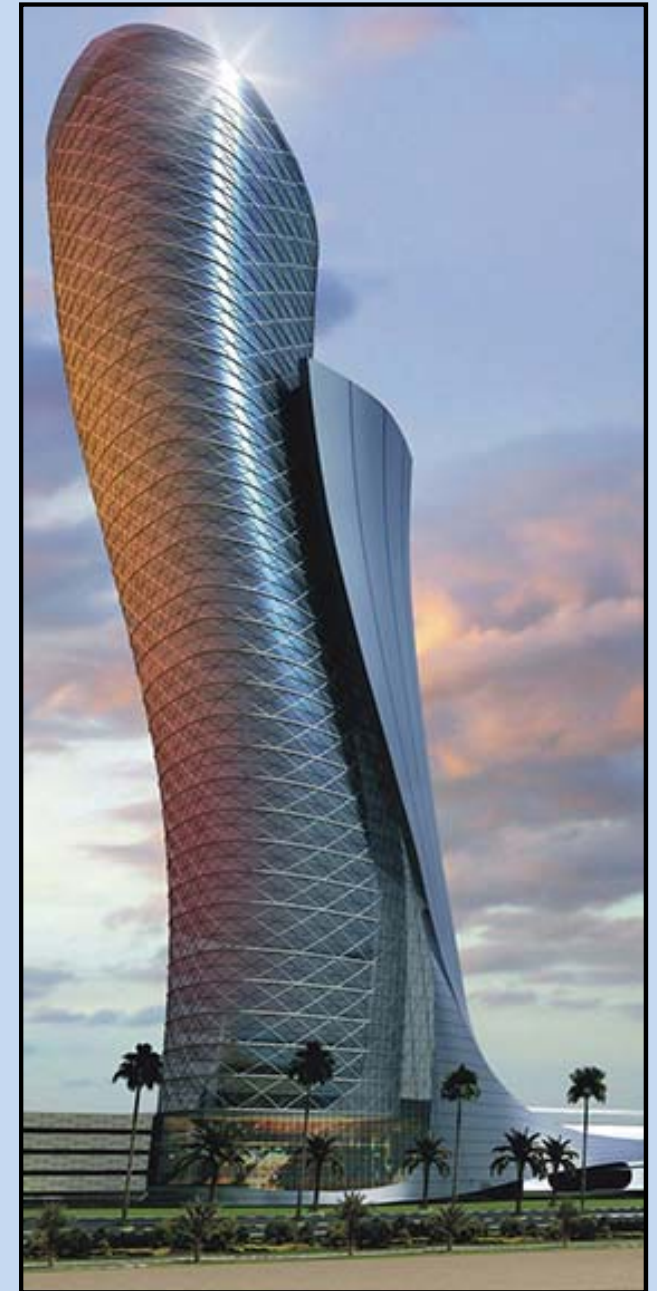
1. Općenito
2. Oblikovne i tlocrtne varijacije
3. Kombiniranje horizontalno ukrutnih elemenata
4. Kombiniranje gradiva – sustavi sa spregnutim elementima
5. Neobični sistemi

Općenito

- Do sada obrađivani nosivi sustavi su primjenjivi za pravilne, prizmatične zgrade koje često imaju isključivu namjenu kojoj je nosivi sustav u cijelosti podređen.
- Dobro poznato i dokazano ponašanje klasičnih nosivih sustava utvrdilo je njihovu upotrebu kroz gotovo čitavo prošlo stoljeće.
- Hibridni (mješoviti) sustavi se javljaju i kao reakcija na monotonu klasičnu arhitekturu, gdje prevladavaju ponavljajući pravilni oblici.



- Pokazalo se je da se kombiniranjem sustava mogu iskoristiti prednosti svakog od njih, a nedostaci pojedinih sustava se umanjuju ili u potpunosti nestaju.
- Visoke građevine oduvijek su bile iskaz moći, bogatstva i znanja pa se u vječnoj borbi za višim i većim dosegao limit sa upotrebom pojedinačnih nosivih sustava.
- Sa porastom visine i tlocrta građevine, javlja se „višak” kvadrata pa namjena zgrade postaje mješovita (stambena+poslovna+javna) i dolazi do potrebe kombiniranja različitih nosivih sustava.



➤ **Sažeto, glavni razlozi korištenja hibridih (mješovitih) nosivih sustava:**

1. **Želja za obaranjem visinskih rekorda**
2. **Nepravilni tlocrti i neobični oblici zgrada kao izraz suvremene arhitekture**
3. **Pojava mješovitih zahtjeva upotrebe zgrade**
4. **Želja za racionalnijom upotrebom materijala, tako da se kombiniranjem prednosti pojedinih sustava i međusobnom interakcijom što bolje iskoriste pojedini od njih**
5. **Potreba zadovoljavanja rastućih zahtjeva na građevine – sigurnost (povećana otpornost na potresna i izvanredna djelovanja) i funkcionalnost (smanjenje pomaka, povećanje trajnosti...)**
6. **Razvojem kompjuterskih metoda proračuna, postalo je moguće analizirati mnogo složenije nosive sustave pa metode proračuna više nisu ograničavajući faktor u konceptualnoj definiciji građevine**

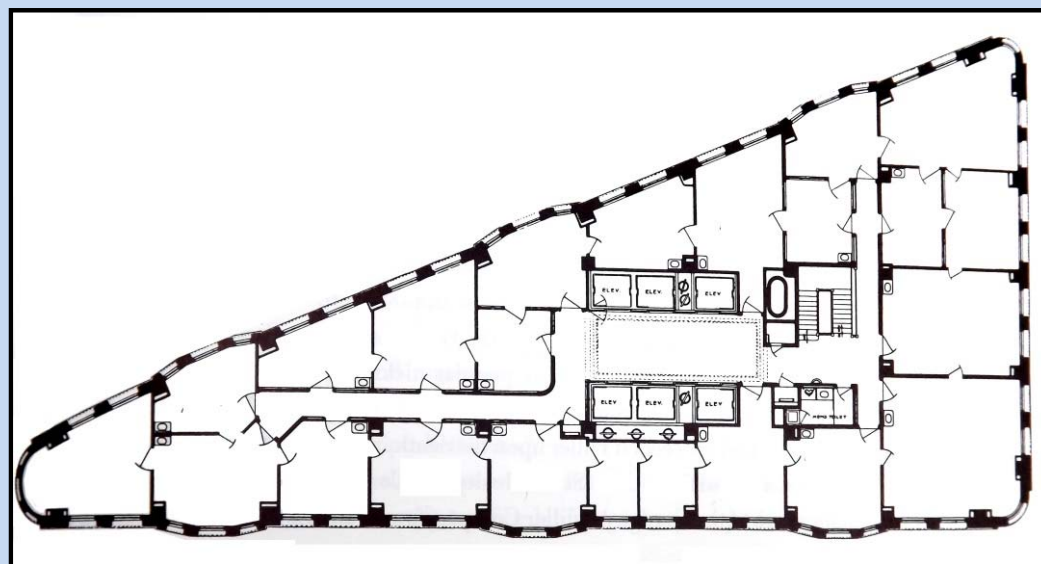
Oblikovne i tlocrtne varijacije

- Potreba za nepravilnim oblikom i tlocrtom proizlazi iz težnje za arhitektonskim izričajem ali i iz ograničenja nametnutih lokacijom



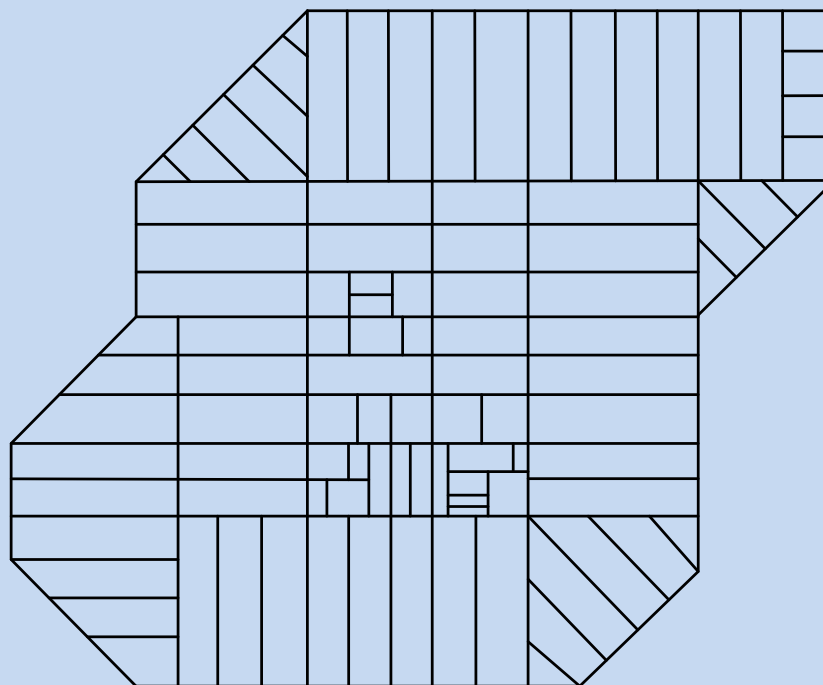
FLATIRON BUILDING

- 22 kata
- sagrađena je 1901 na poznatom Times Square-u (New York)
- oblik zgrade određen je malom i vrlo nepravilnom raspoloživom parcelom
- zgrada je postala svjetski poznata ikona

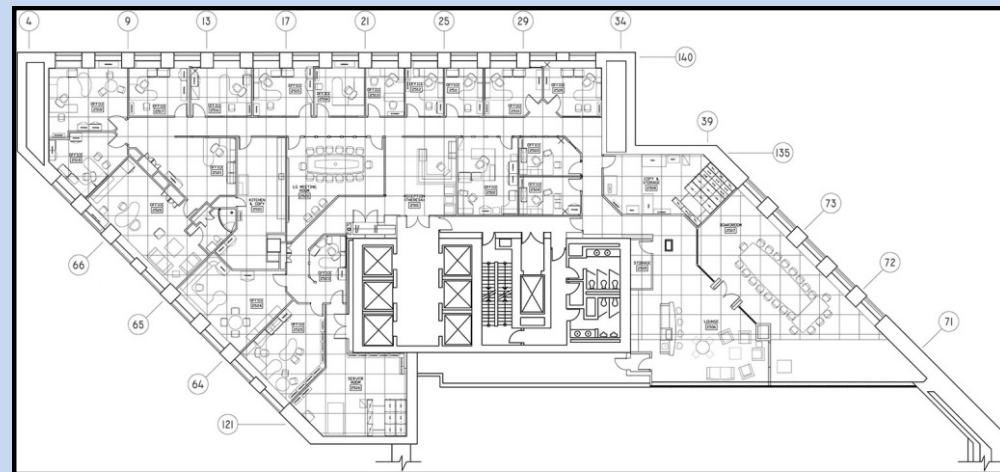
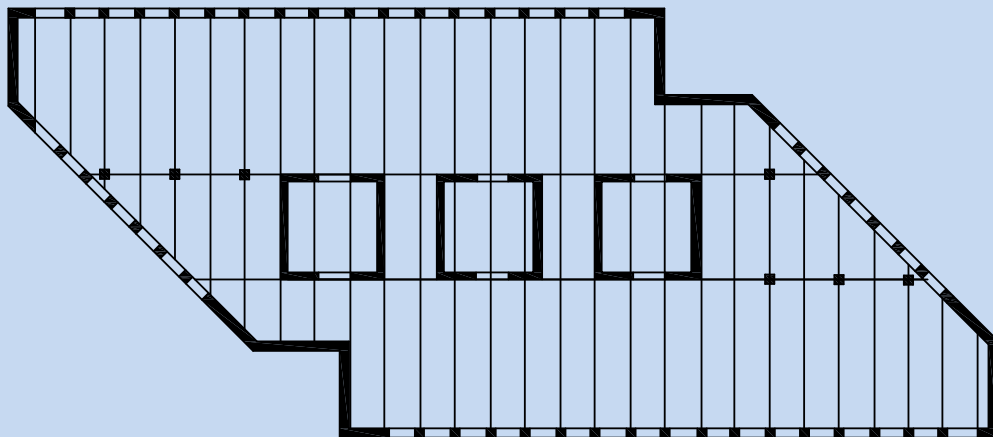


Tlocrtne varijacije

- Nepravilni tlocrti mogu onemogućiti upotrebu nekih konstrukcijskih sustava, dok neki sustavi mogu biti upotrjebljeni bez obzira na tlocrtna ograničenja
- Primjer: cijevni sustavi mogu biti primjenjivi na bilo kakve tlocrte, dok npr. okviri ne mogu



Tlocrtne varijacije



KANADSKI CENTAR, CALGARY

Izvana:

- cijevni sustav sa posmičnim zidovima u kutovima

Unutra:

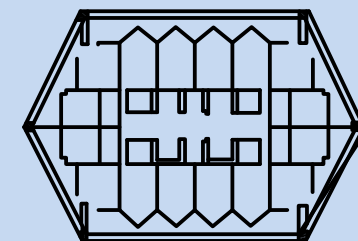
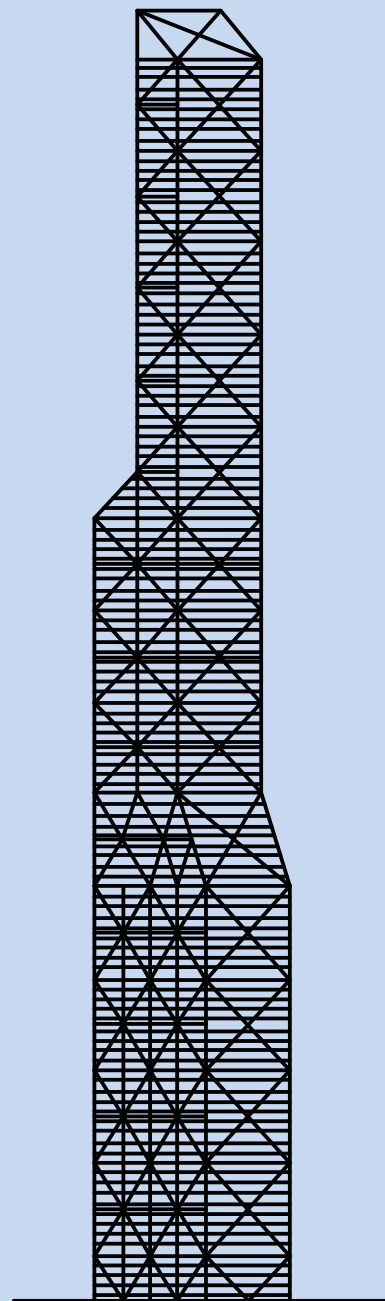
- tri armiranobetonske jezgre

Ukupni sustav je interakcija jezgri, posmičnih zidova i cijevnog sustava.

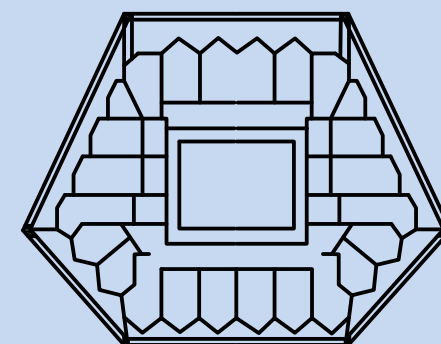


PRIMJER:

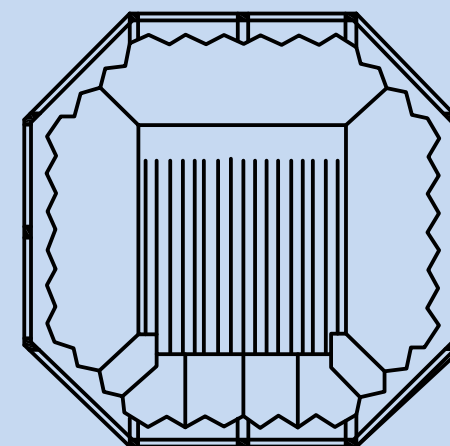
- Oblikovne varijacije po visini prilagođene su tlocrtnim potrebama pojedinog dijela građevine.
- Glavni nosivi sistem je odabran sa trokutnim modulom kako po visini ne bi bilo diskontinuiteta.
- Vanjski oblik zgrade moguće je ostvariti upotrebom cijevi sa dodatkom rešetke čiji se elementi protežu kroz više etaža i kojima se ostvaruju promjene u tlocrtu
- Korištenjem ovakvih rešetki moguće je izostaviti unutarnje stupove na mjestima promjene tlocrta jer se sva opterećenja prenose direktno na vanjsku cijev
- Zgrada je ujedno dobila i aerodinamični oblik za djelovanje vjetrova



Tlocrt stanova



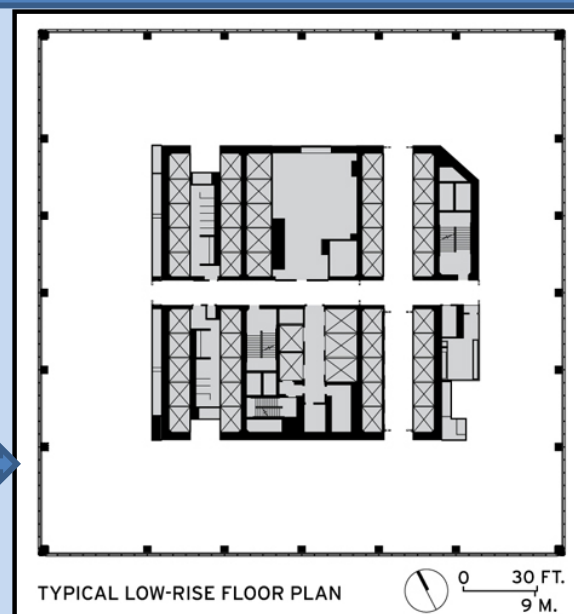
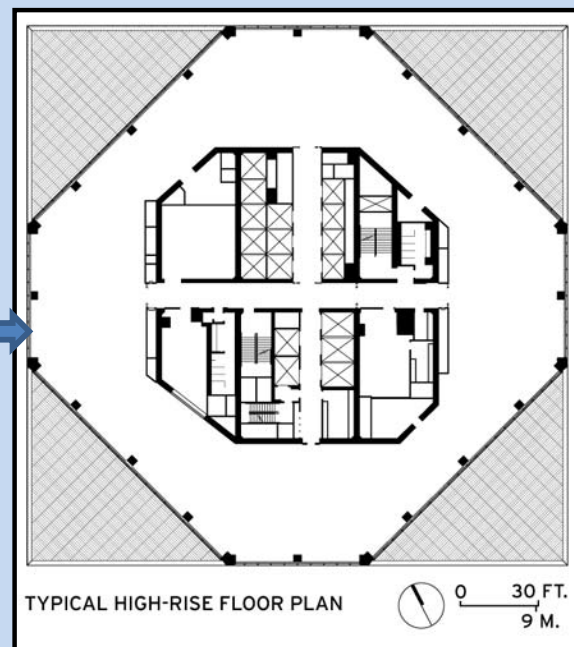
Tlocrt hotela



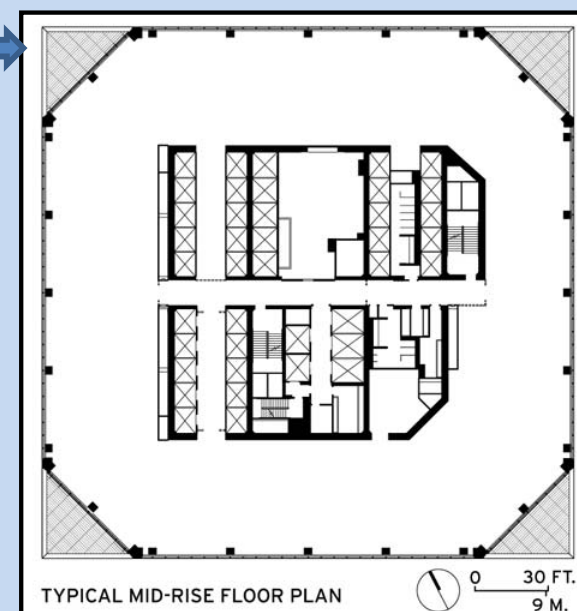
Tlocrt javnih i poslovnih prostora

Hibridni sustavi | Oblikovne i tlocrtne varijacije

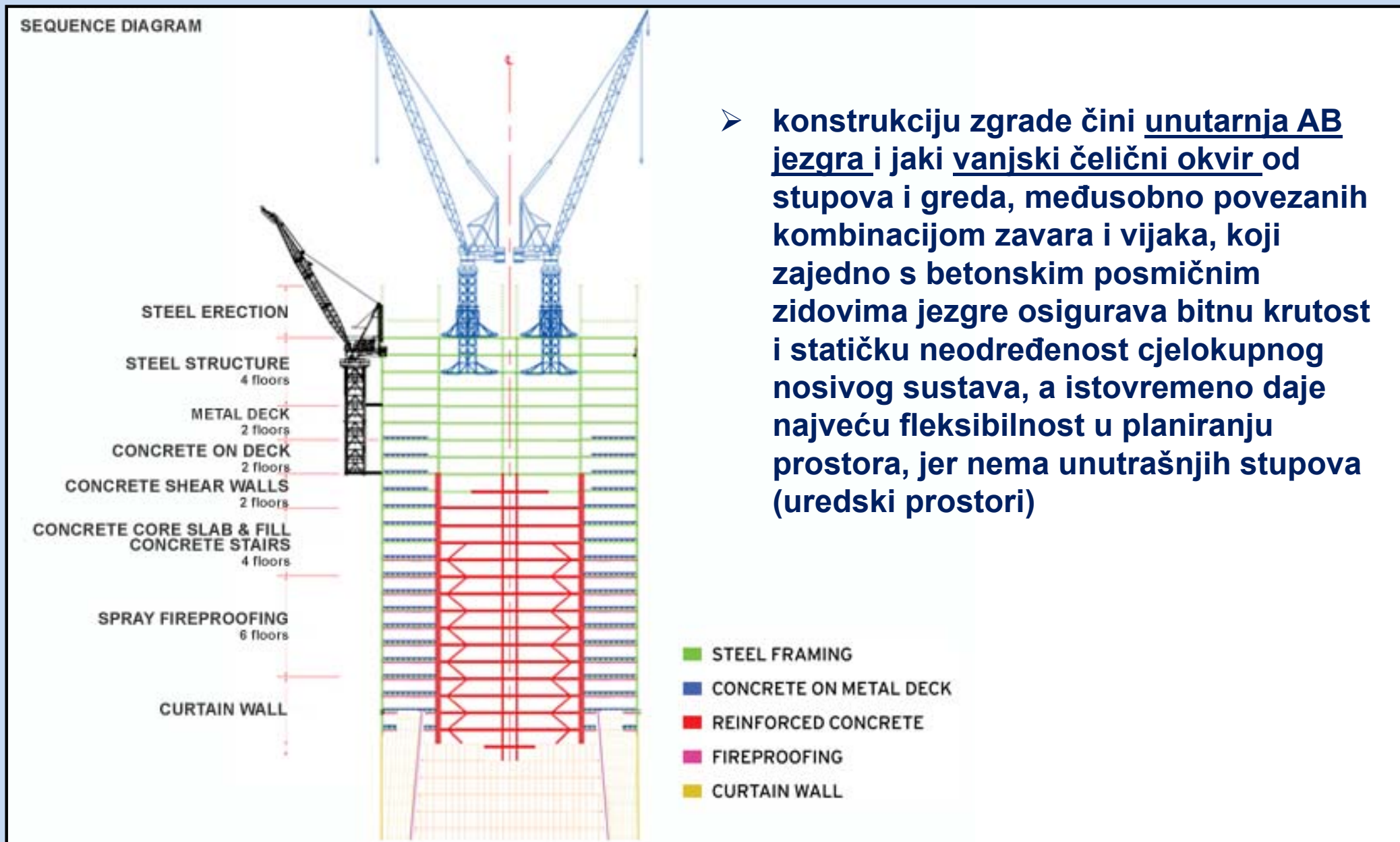
One WTC, 541 m, 94 katova



- Freedom Tower, New York, zamjena za srušeni WTC
- kako toranj raste od kvadratnog podnožja, kutovi se pomiču unutra i kvadrat se u pogledu mijenja u osmerokutni poligonalni presjek
- središnji dio je u tlocrtu osmerokut, a stakleni parapet na vrhu je u tlocrtu opet pravokutni zaokrenut za 45° prema podnožju



One WTC, 541 m, 94 katova



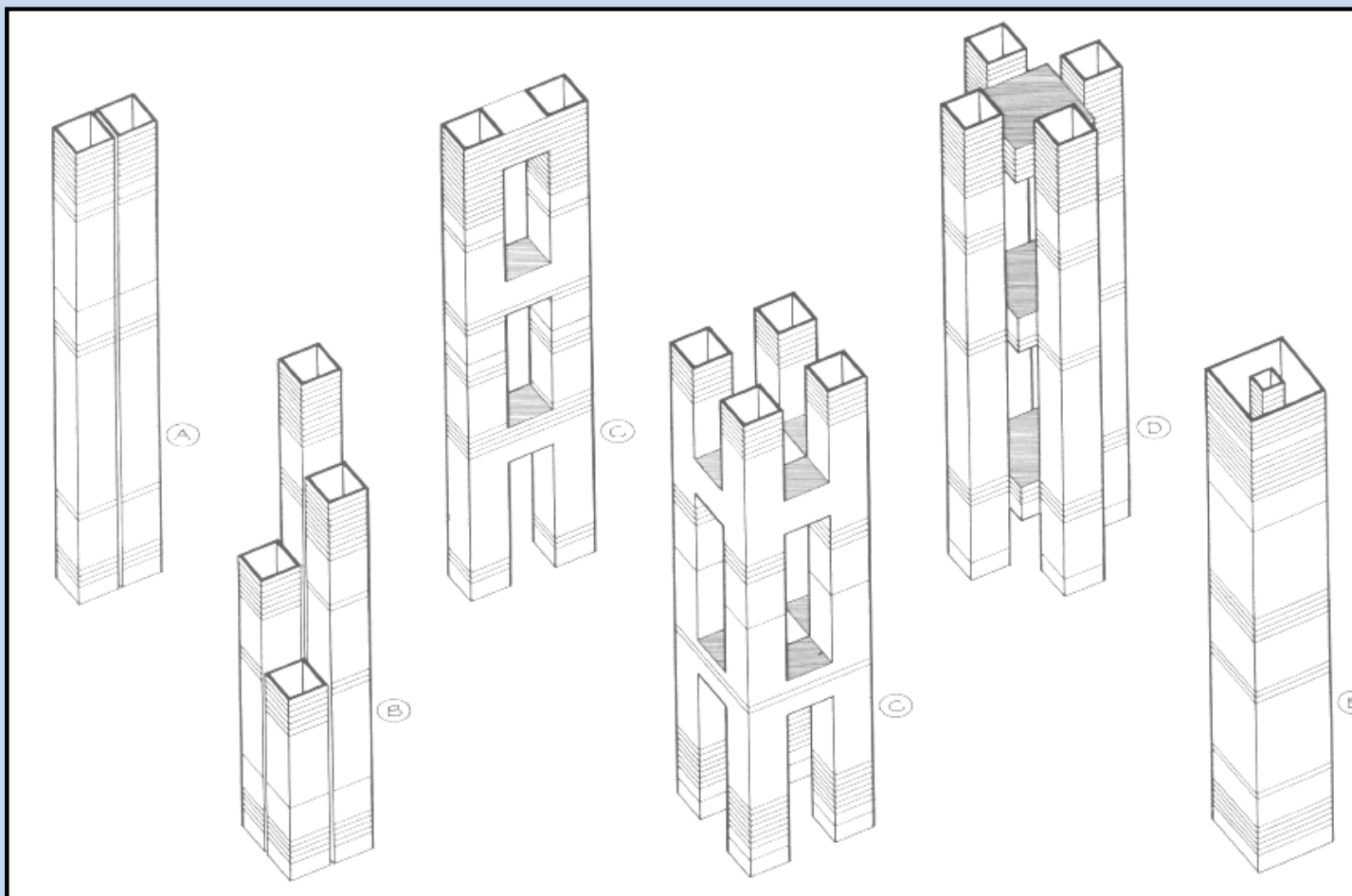
One WTC, 541 m, 94 katova



- beton podnožja zgrade obučen je u 2000 komada prizmatičnih stakala, izmjera 1,21x4,06 m i debljine 10 cm, koje daju dinamičku glatkoću strukture i čija pojavnost odražava svoju okolinu
- iznad je smješteno 69 katova za urede do razine +341 m
- slijede servisni katovi, dva kata za lokalnu televiziju, restorani i vidikovci do razine +415 m i +417 m, visine originalnih Twin Towers
- fasade su od mreže zatega (cable-net) visine 18 m i promjenjive širine od 9 m na istočnoj i zapadnoj strani (za pristup restoranima i vidikovcima), preko 15 m na sjevernoj strani do 21 m na južnoj strani za osnovni prilaz stanara
- antenski toranj do visine 541 m, pridržava sustav zatega osiguran kružnim prstenom, slično kao baklja na Kipu slobode
- primjenjuju se najstrože sigurnosne mjere: 91 cm debeli zidovi za sva stubišta, otvore liftova, sustave za gašenje požara i sl., ekstremno široke stepenice isključivo za vatrogasce i biološki i kemijski filtri za sustav ventilacije

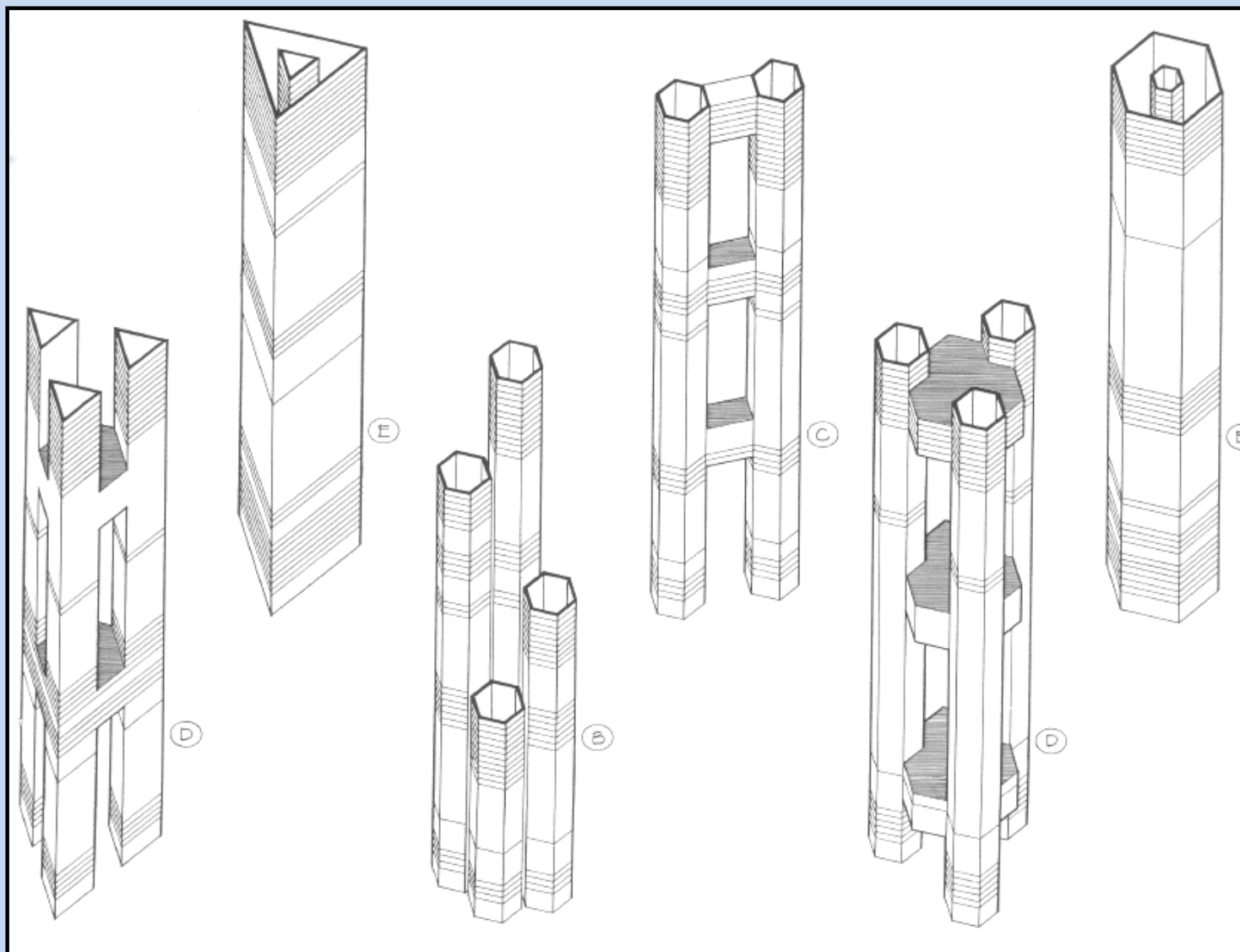
Hibridni sustavi | Oblikovne i tlocrtne varijacije

- Buduće visoke zgrade su sve složenijih tlocrtnih oblika.
- Potrebna krutost se postiže međusobnim povezivanjem više tornjeva.

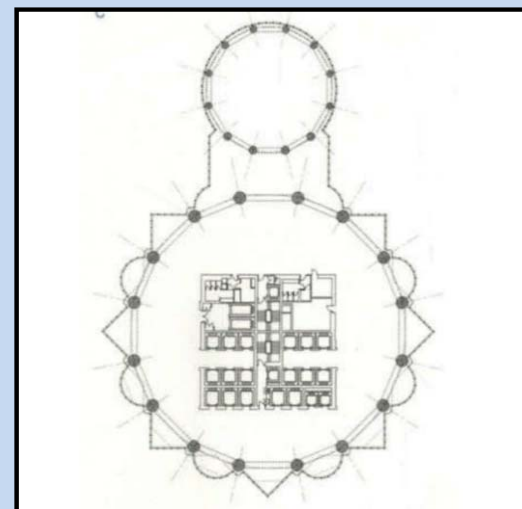
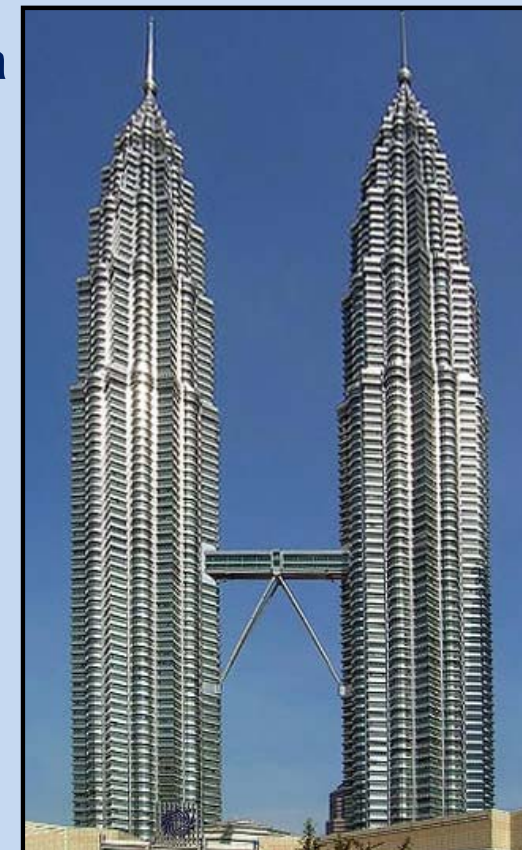
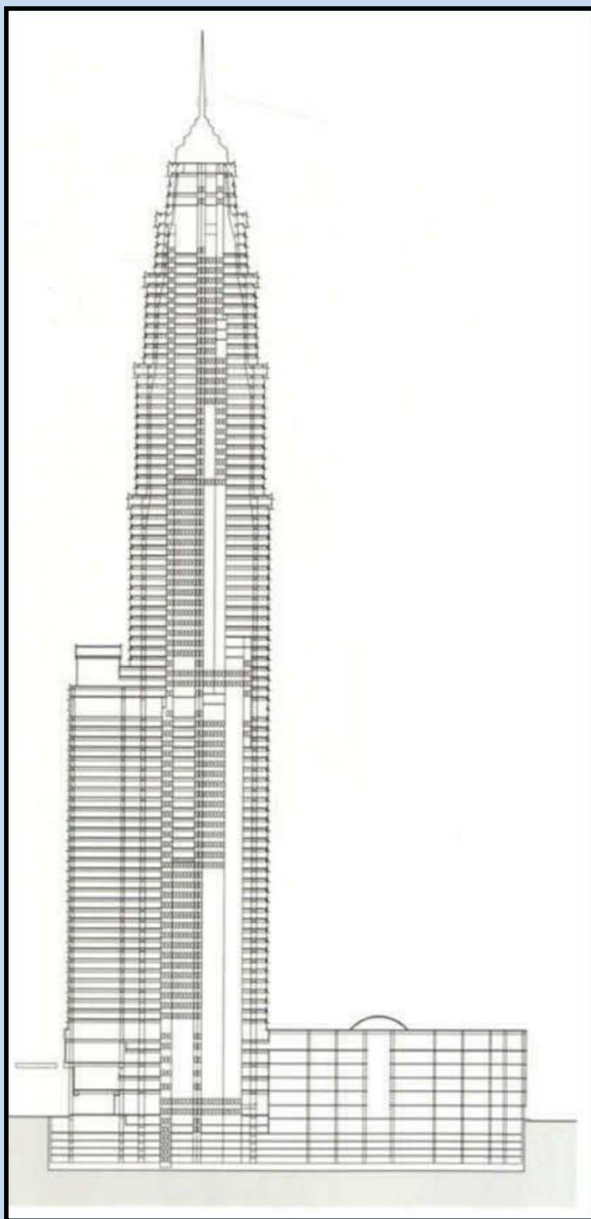


- Dimenzije „mostova” za povezivanje moraju biti otprilike iste kao i dimenzije cijevi koje oni povezuju
- Horizontalno opterećenje se tada raspoređuje među tornjevima prema njihovom odnosu krutosti

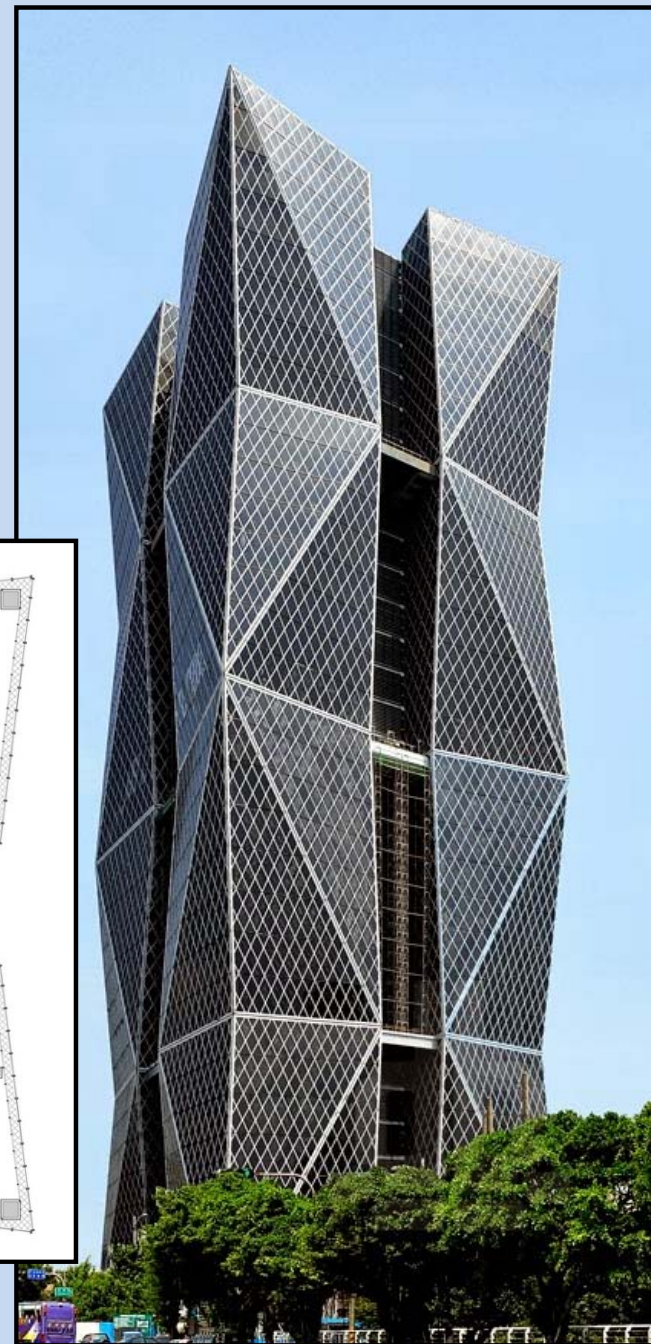
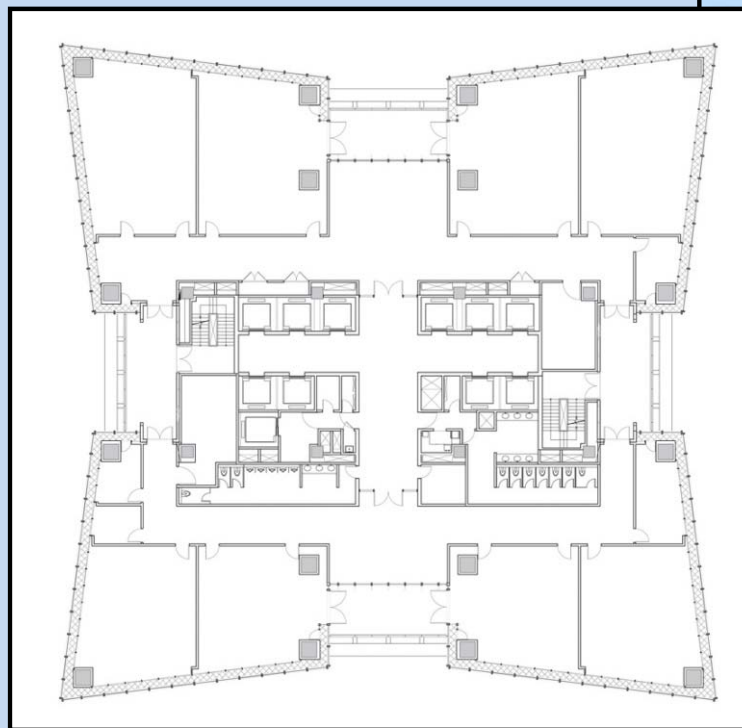
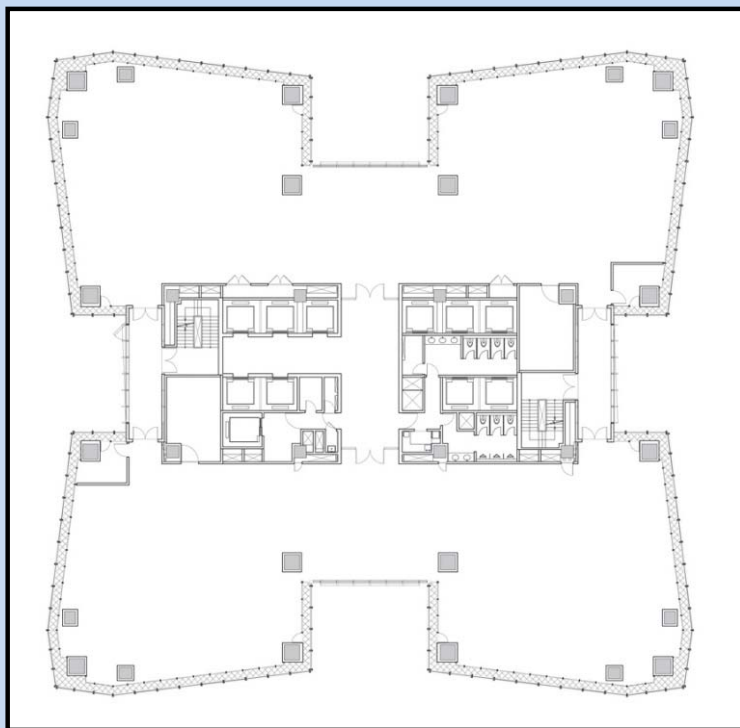
- U slučaju povezanih tornjeva, tlocrtni oblici pojedinih tornjeva više ne moraju biti pravokutni jer je krutost zgrade definirana složenim zajedničkim djelovanjem, a ne pojedinačnim presjekom tornja.



➤ Petronas Towers, Kuala Lumpur, Malezija, 452 m, 88 katova



- **China Steel Headquarters, Kaohsiung, 135 m, 29 etaža**
 - unutarnja jezgra povezuje četiri identične cijevi
 - cijevi su izvana oblikovane sa izlomljenim fasadama kako bi tvorile oblik dijamanta
 - vanjske cijevi su statičkog sustava prostorne rešetke sa diagrid ispunama



➤ China Steel Headquarters, Kaohsiung, 135 m, 29 etaža

- unutarnja jezgra povezuje četiri identične cijevi
- cijevi su izvana oblikovane sa izlomljenim fasadama kako bi tvorile oblik dijamanta
- vanjske cijevi su statičkog sustava prostorne rešetke sa diagrid ispunama



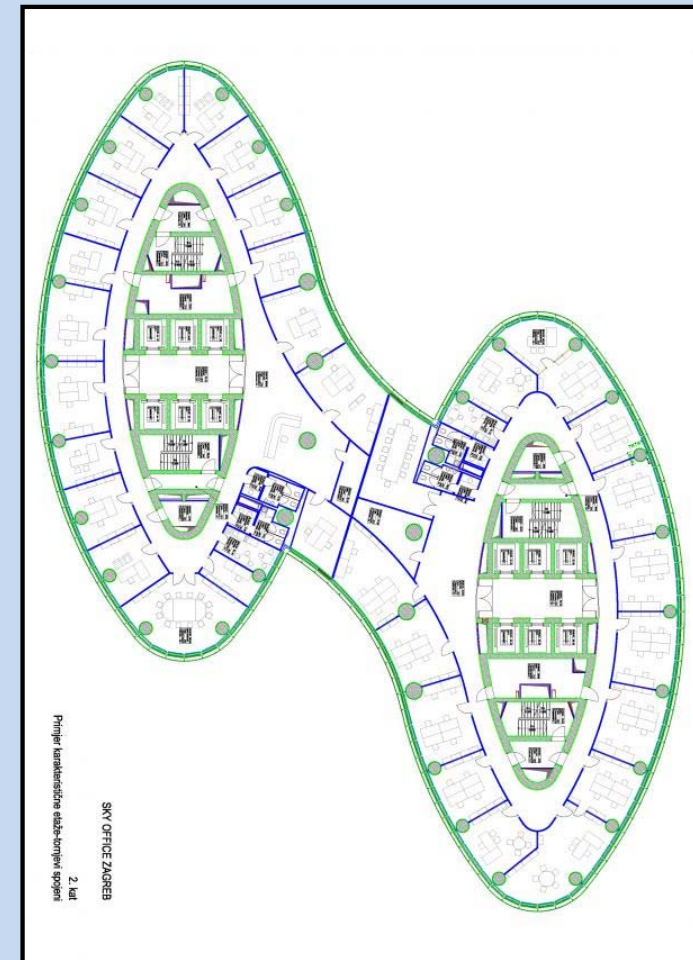
- **Freedom Towers – jedan od finalista na natječaju za novi WTC (Richard Meier)**



➤ Cross Towers, prijedlog stambene zgrade u Seoul-u

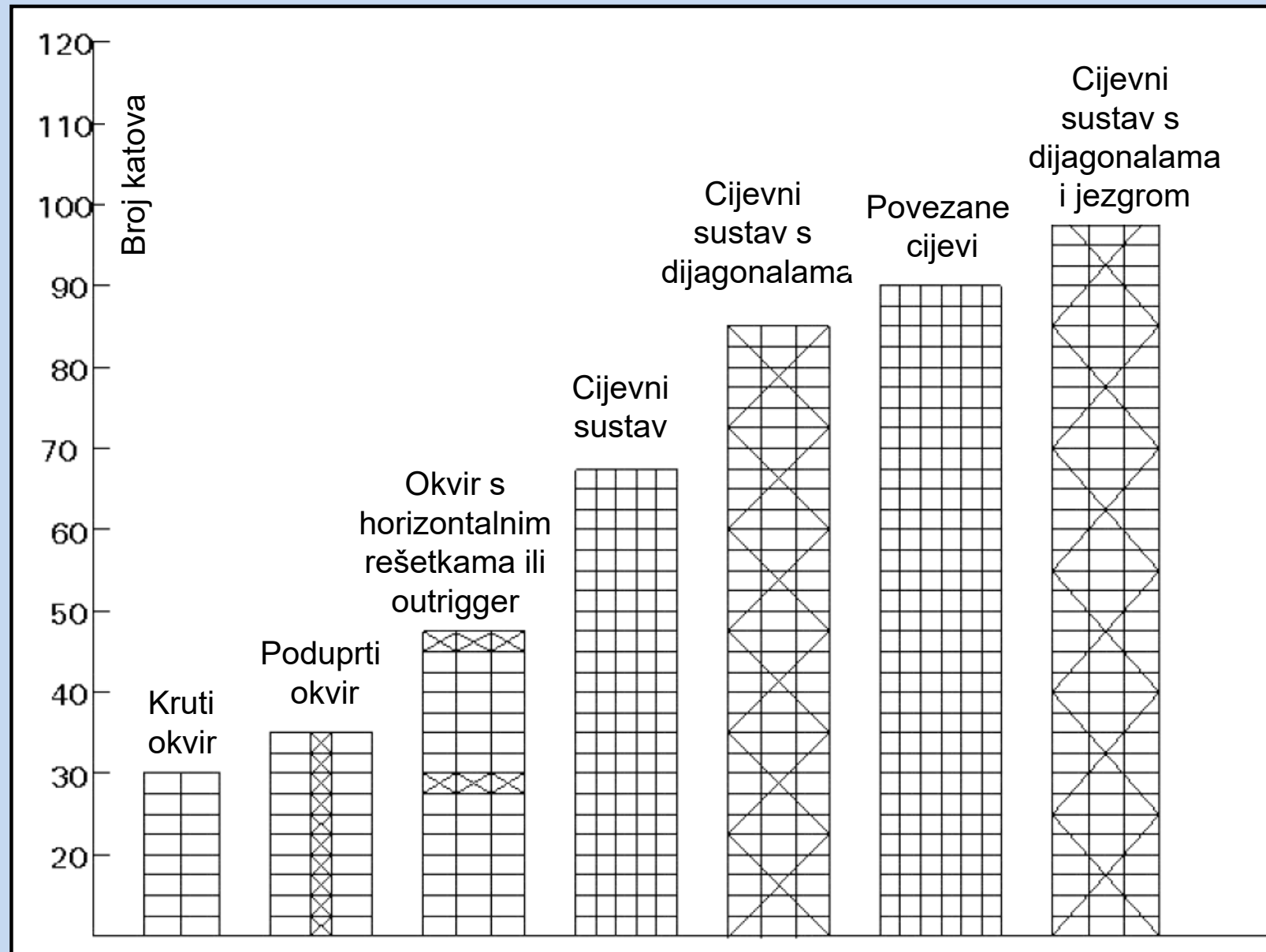


➤ Sky Office, Zagreb

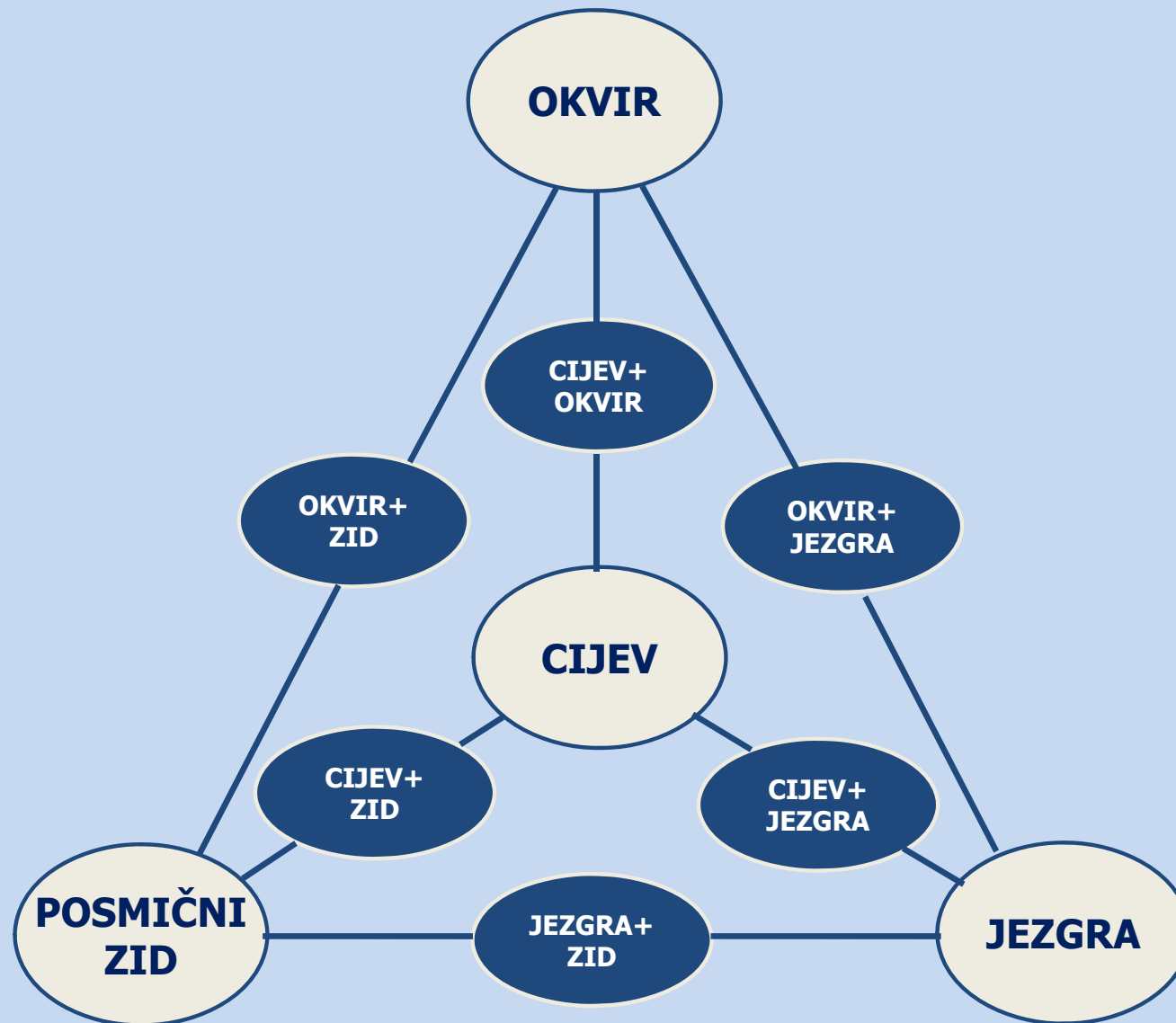


Kombiniranje horizontalno ukrutnih elemenata

- Slika pokazuje kako se miješanjem više konstrukcijskih sustava mogu doseći veće visine:

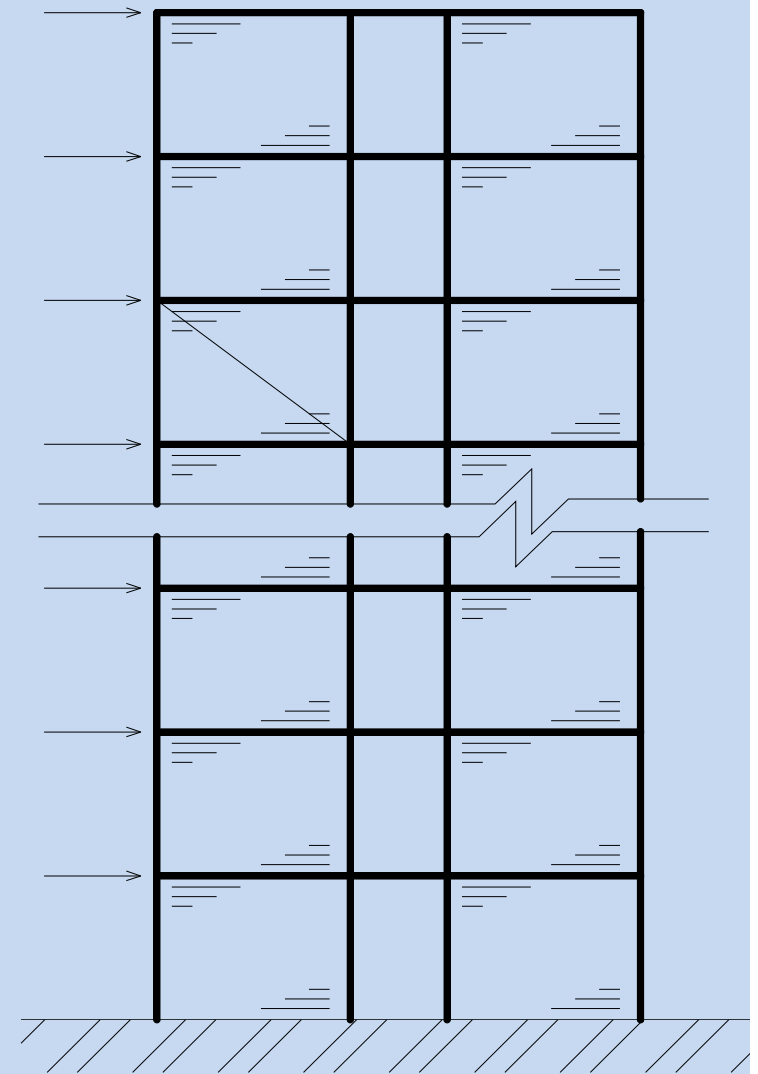


- Mogućnosti kombiniranja 4 osnovna ukrutna sustava u 6 dodatnih:



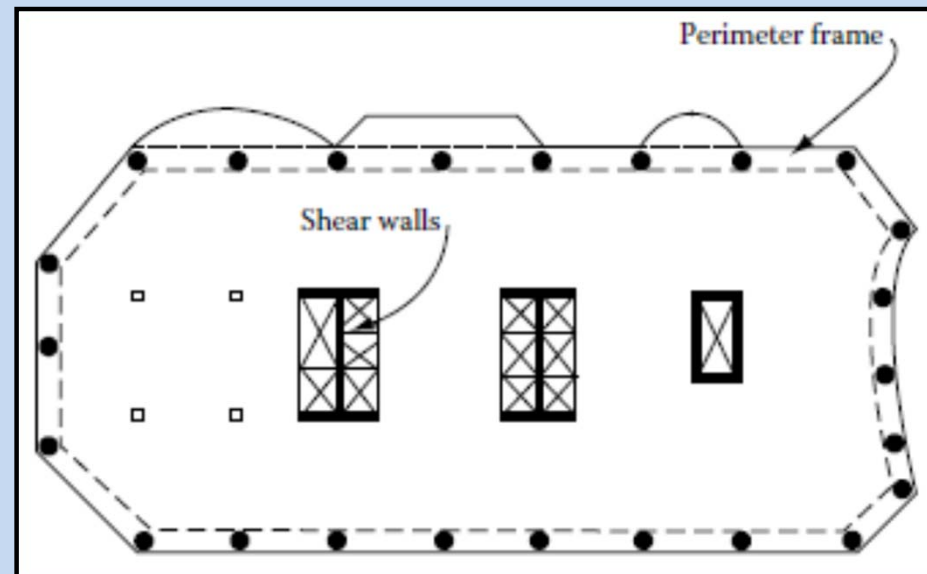
Okviri s ispunom

- Sustav okvira s ispunom se koristi za zgrade visoke do 30 katova
- Osnovni armirano-betonski okvir, koji čine stupovi i grede, ispunjava se zidovima (panelima) od opeke ili betona izvedenog na licu mjesta
- Prilikom bočnog opterećenja ispunjenog okvira, ispuna se ponaša kao dijagonala napregnuta tlačnom silom koja spreže okvir (ukrućuje)
- Okvir s ispunom nije lako proračunati zbog nejasnog toka preuzimanja bočnih horizontalnih djelovanja – treba odrediti presjek zamjenske dijagonale
- Problem – često se događa da stanari uklone neke zidove, čime otpornost okvira nepredvidivo slabi



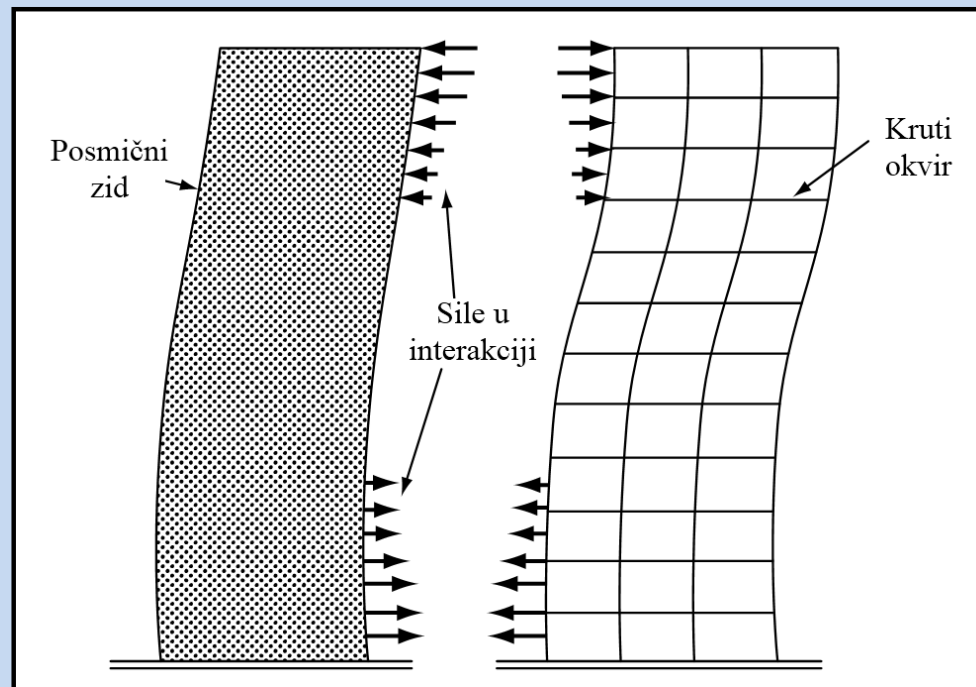
Kombinacija zidova i okvira

- Ovaj konstruktivni sustav (eng. Shear wall – frame interaction) se odupire djelovanju horizontalnih sila kombinacijom sustava zidova i krutih okvira
- Sustav zidova i zidova i okvira omogućuje ekonomičnu izgradnju 50-ero katnih zgrada, pa i viših
- Potencijalne prednosti ovakvog sustava ovise o interakciji zidova i okvira, što jasno ovisi i o krutosti ova dva sustava te visini objekta
- Okvir koji ima međusobno blisko raspoređene stupove povezane sa visokim gredama, ponaša se slično posmičnom zidu a posmični zid oslabljen velikim otvorima ponaša se slično krutom okviru.



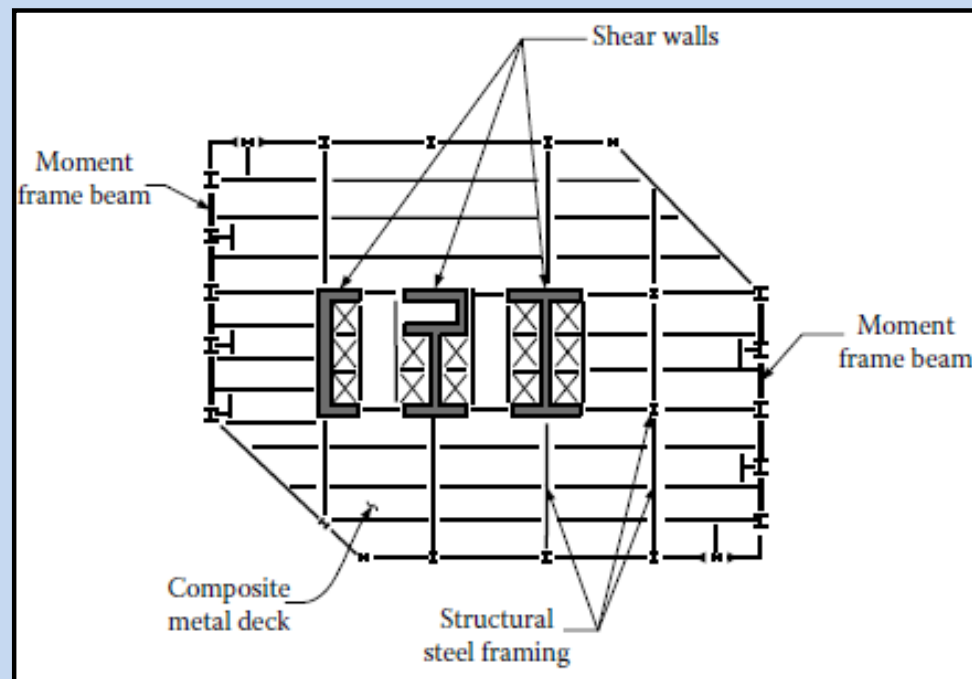
Kombinacija zidova i okvira

- Zidovi i okvir horizontalno međusobno djeluju, poglavito na vrhu zgrade, čime se dobiva krući i jači konstrukcijski sklop.
- Linearno deformiranje krutog okvira u kombinaciji sa paraboličnim deformiranjem posmičnog zida rezultira povećanom krutošću sustava zato što je, uslijed djelovanja horizontalnih sila, zid rasterećen okvirom pri vrhu zgrade, dok je pri dnu okvir rasterećen posmičnim zidom.
- Uz pažljivo podešavanje, posmik u okviru može biti približno nepromjenjiv po cijeloj visini građevine, što omogućuje izvedbu jednakih katnih (stropnih) konstrukcija.



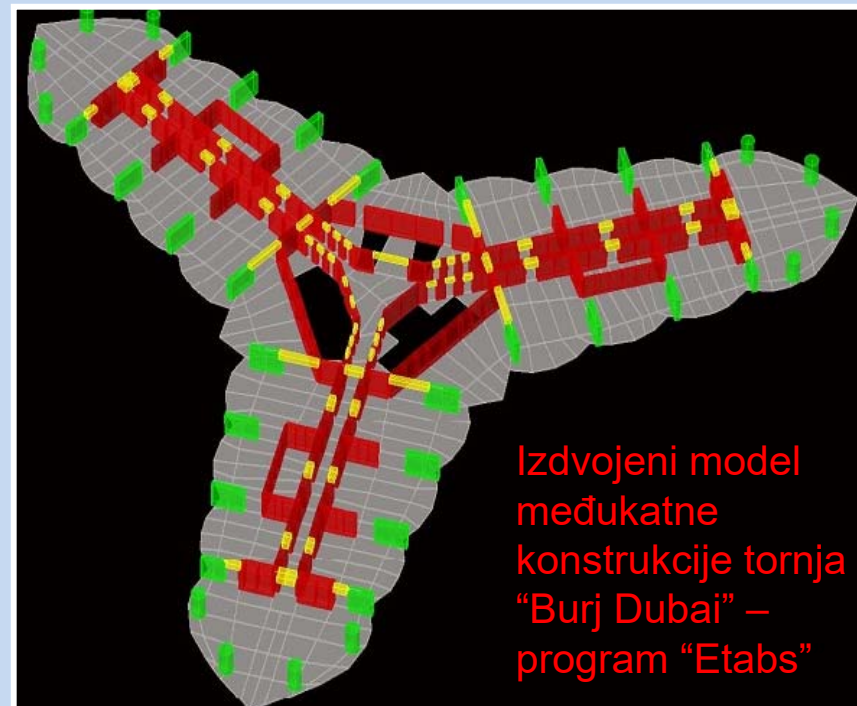
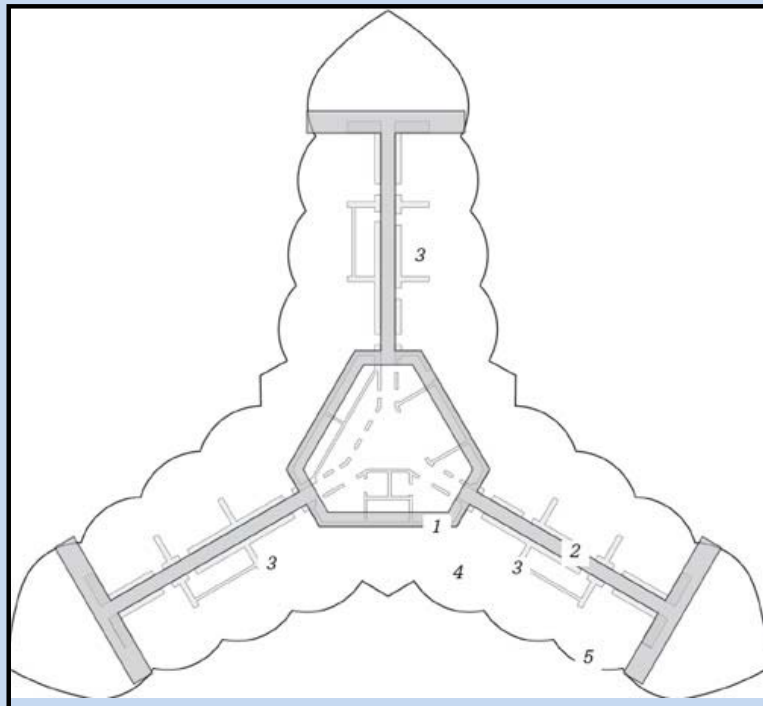
Sustav sa jezgrom (engl. Core-supported structure)

- Zidovi su tako raspoređeni da uglavnom tvore jezgru oko stubišta i dizala, dok su okviri, sa relativno visokim gredama, raspoređeni po rubovima
- Sustav zidova međusobno spojenih tako da tvore jezgru, predstavlja sustav sa dovoljnom krutošću koji na sebe može preuzeti znatna horizontalna djelovanja
- Unutar jezgre se u pravilu nalaze komunikacijski kanali, tj. dizala i stubišta
- Sustav koji okružuje jezgru, dakle međukatne konstrukcije te stupovi ili okviri, ne moraju nužno biti od betona, već mogu biti čelični i/ili spregnuti



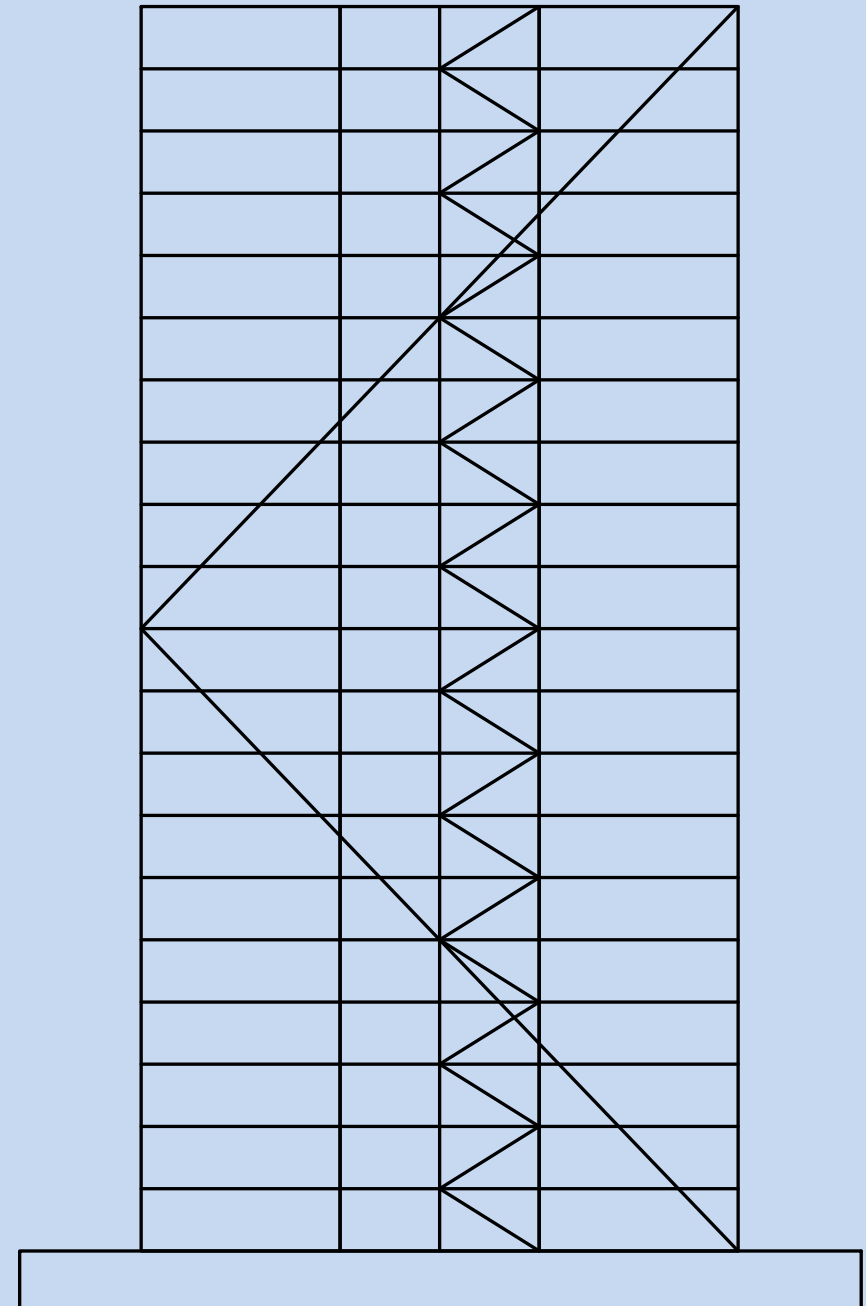
Sustav posmičnih zidova i jezgre (eng. Spinal wall system)

- Novi inovativni sustav osmišljen za mogućnost izgradnje ultra visokih nebodera (Burj Dubai).
- Sastoji se od udvojenih, međusobno paralelnih, i blisko postavljenih, posmičnih zidova koji posjeduju veliku posmičnu krutost u svojoj ravnini
- Da bi se cijeli sustav dodatno ukrutio, osim centralne jezgre, konstruirani su dodatni zidovi (okomite pojasnice) pomoću kojih konstrukcija ostvaruje dodatnu fleksijsku i torzijsku krutost



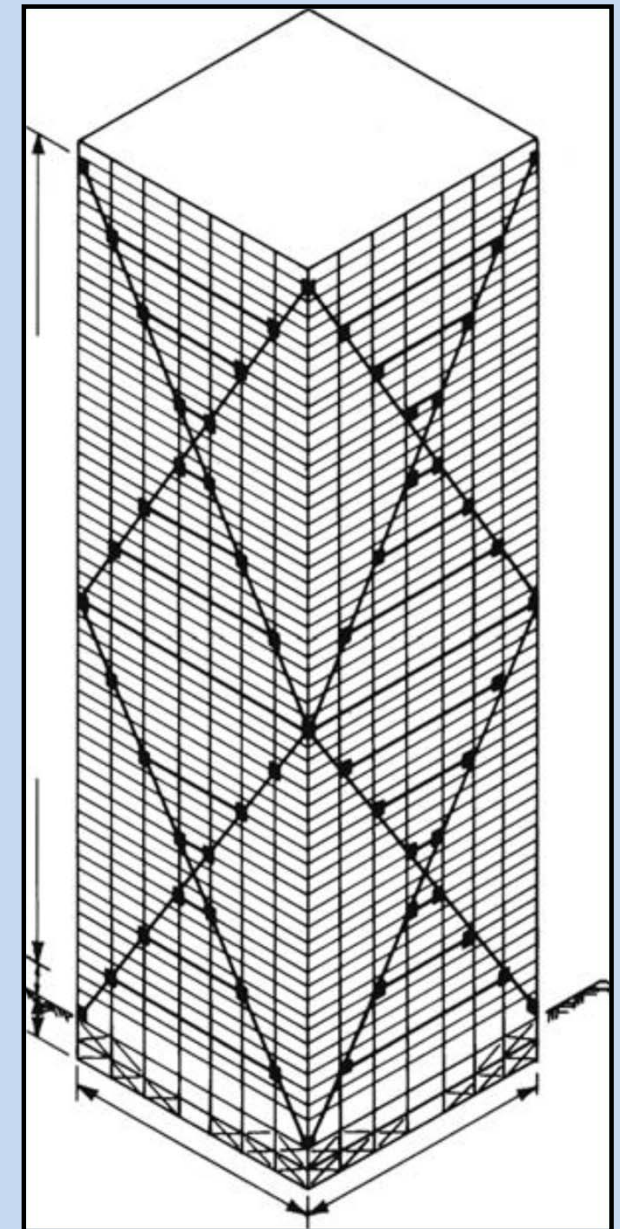
Miješani spregovi

- Na istoj zgradi mogu se u isto vrijeme primjenjivati primarni (mega) spregovi i sekundarni spregovi
- Primarni spregovi obuhvaćaju veći broj etaža, a sekundarni samo jednu (obično smješteni oko vertikalnih komunikacija)
- Megaspregovi ukružuju vanjsku cijev koja pretežno preuzima savijanje, a unutarnji spregovi ukružuju unutarnju cijev koja preuzima pretežno posmik



Okvirne cijevi ojačane dijagonalama – Rešetkaste cijevi

- Okvirne cijevi sa dijagonalama (eng.: Exterior diagonal tube ili Trussed tube) poboljšavaju učinkovitost običnih okvirnih cijevi omogućujući konstruiranje viših zgrada sa većim razmacima stupova okvira.
- U visokim čeličnim zgradama dijagonale su najčešći način povećanja djelotvornosti uokvirene cijevi.
- Dijagonale sustava cijevi sa spregovima spojene su na stupove na svakom križanju.
- Konstrukcijski sklop se za bočna (horizontalna) djelovanja ponaša slično kao okvir sa spregovima.
- Utjecaj savijanja u štapovima okvira je bitno smanjen, stoga stupovi mogu biti postavljeni na većem razmaku, što omogućuje mnogo veće prozore
- Dodavanjem dijagonale na obodu cijevi eliminira se problem shear laga – podjednako se aktiviraju svi obodni stupovi.



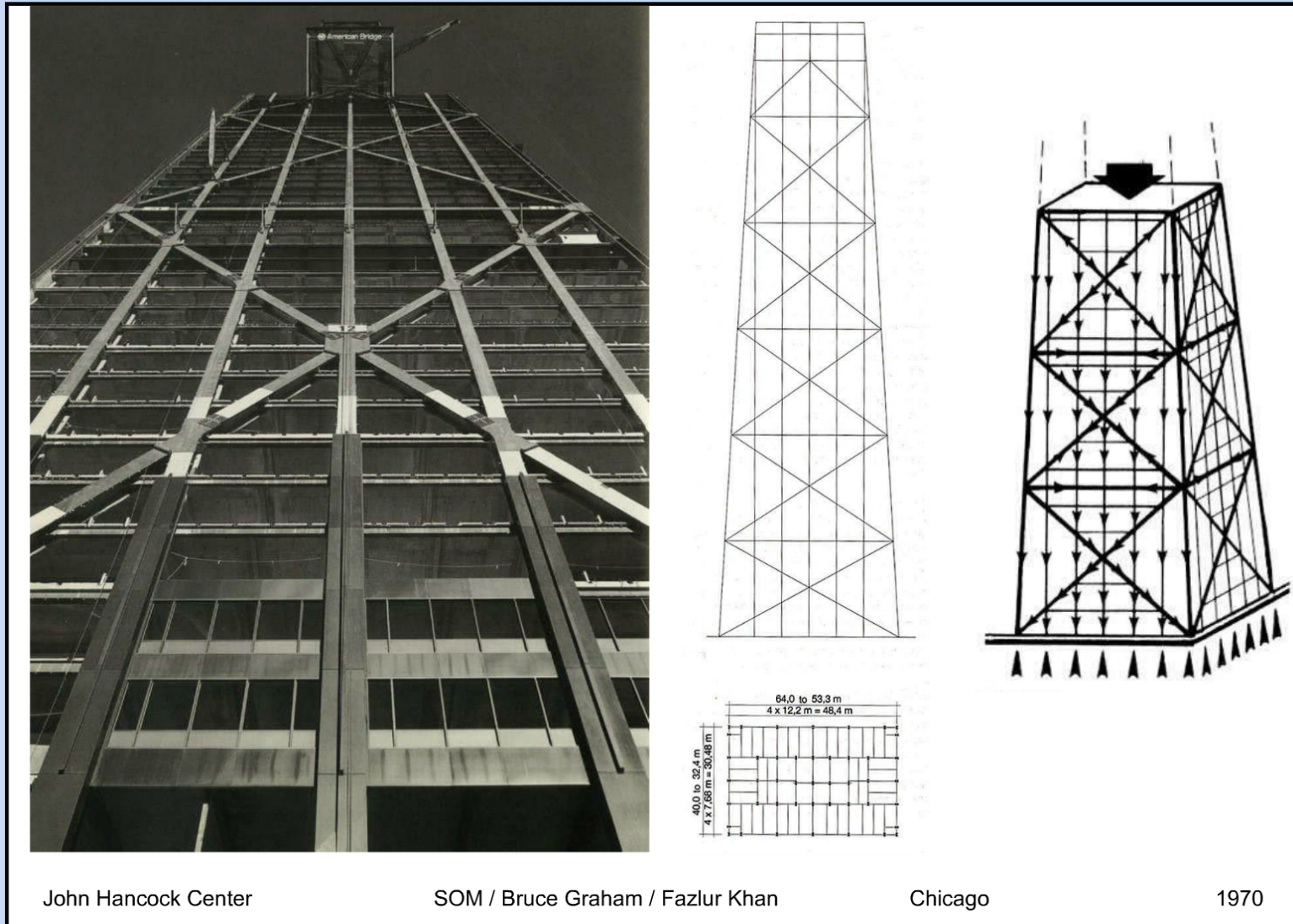
Okvirne cijevi ojačane dijagonalama – Rešetkaste cijevi

- Dijagonale također sudjeluju i u prijenosu gravitacijskog opterećenja tako što prenose aksijalno opterećenje sa više na manje opterećene stupove, odnosno sa sekundarnih (manjih) stupova, na glavne (veće stupove)
- Razlike u raspodjeli naprezanja u stupovima su izjednačene, što pospješuje efikasnost srednjih stupova te na taj način omogućava ekonomičnije izmjere stupova.
- Betonski sustav se sastoji od usko razmaknutih stupova, a spregovi su oblikovani kao dijagonalni sustav betonskih ploča (panela), veličine prozora, betoniranih zajedno s okvirom koji stvaraju dijagonalni uzorak na fasadi zgrade



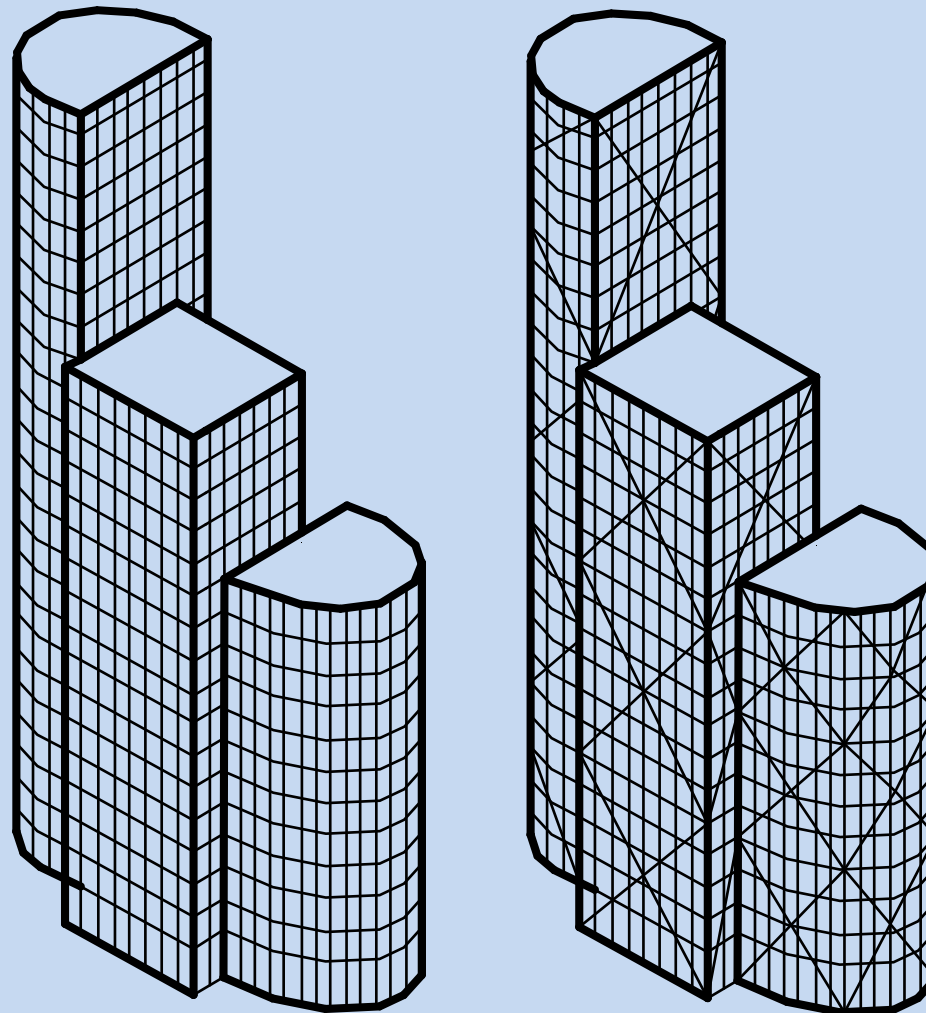
Okvirne cijevi ojačane dijagonalama – Rešetkaste cijevi

- Prva čelična cijev sa spregovima: zgrada John Hancock sa 97 katova



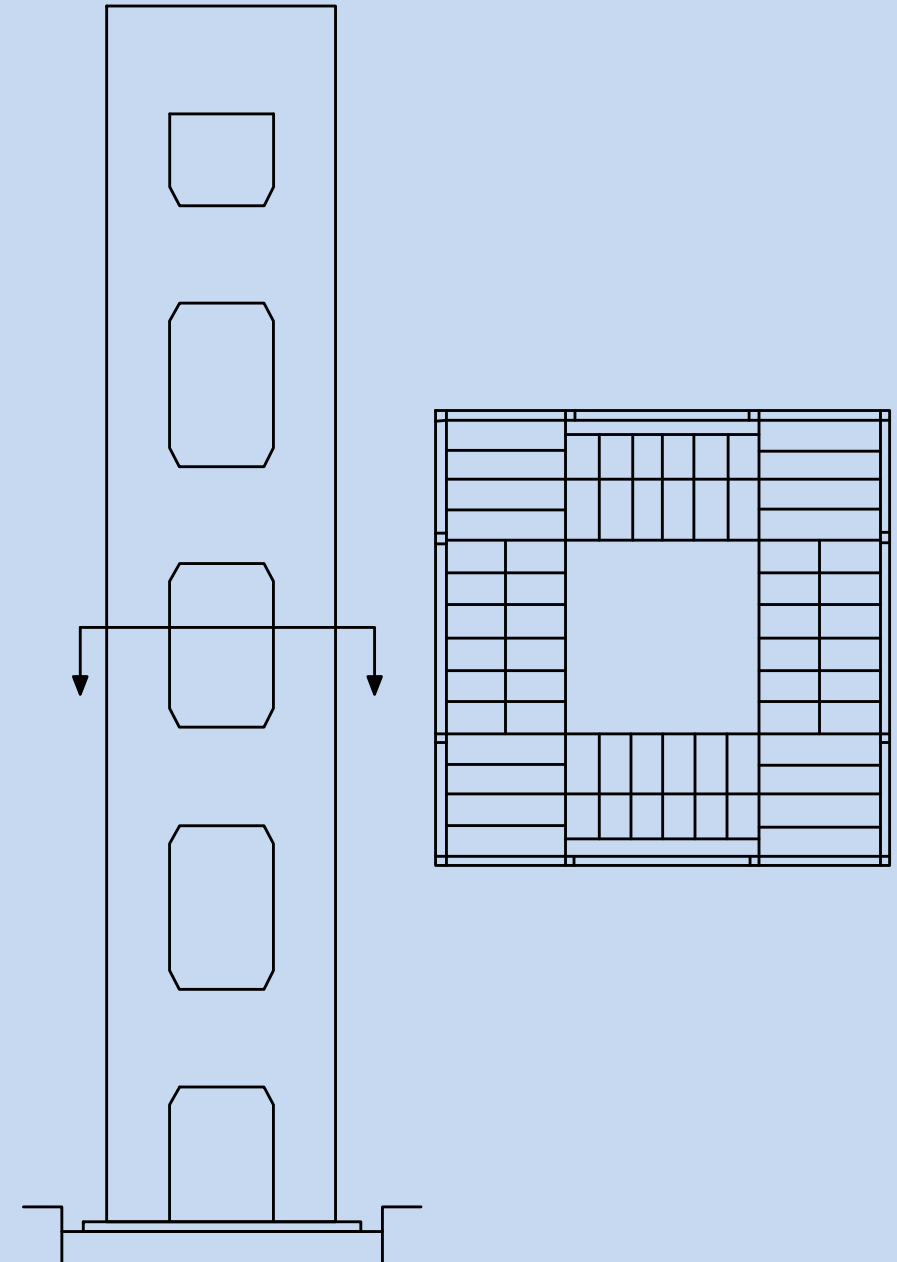
Okvirne cijevi ojačane dijagonalama – Rešetkaste cijevi

- Za još veću horizontalnu krutost – kombinacija povezanih cijevi ojačanih dijagonalama



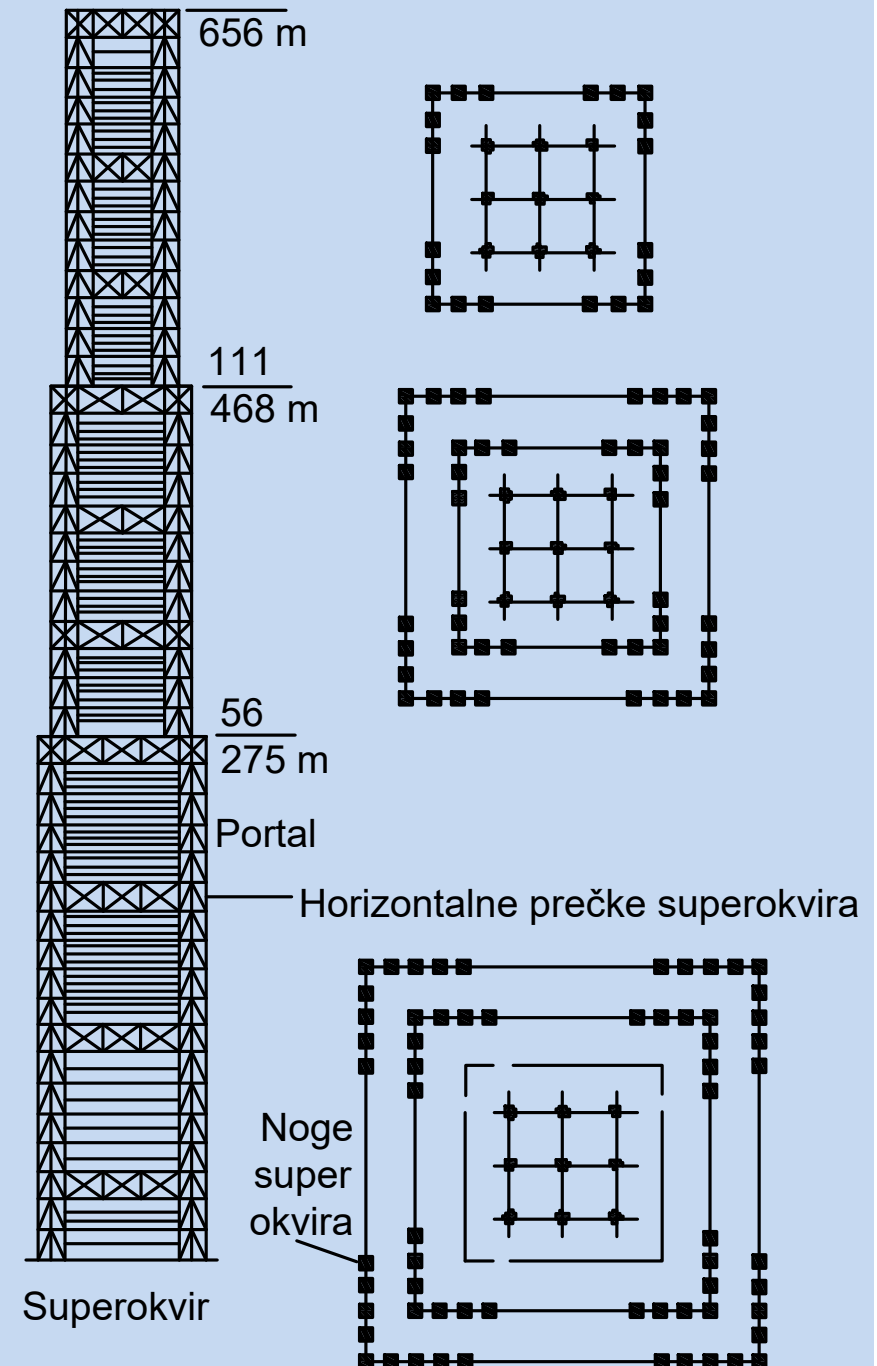
Superokviri ili „Megaokviri”

- Super okviri (mega okviri) imaju oblik velikog portala na licu zgrade.
- Sastoje se od vertikalnih nogu u svakom kutu zgrade koje su međusobno povezane sa horizontalnim elementima na svakih 12-14 etaža.
- Kutni položaj nogu omogućuje najveću djelotvornost u preuzimanju horizontalnih djelovanja.
- Vertikalne noge i horizontalne prečke tvore jedan veliki okvir vidljiv na fasadi zgrade – ovaj okvir se često naziva portal.
- Prednosti ovakvog sustava su u vrlo slobodnom planiranju unutarnjeg prostora i mogućnostima postavljanja velikih otvora na lica zgrade (pogled, osvjetljenje, prozračnost prostora).



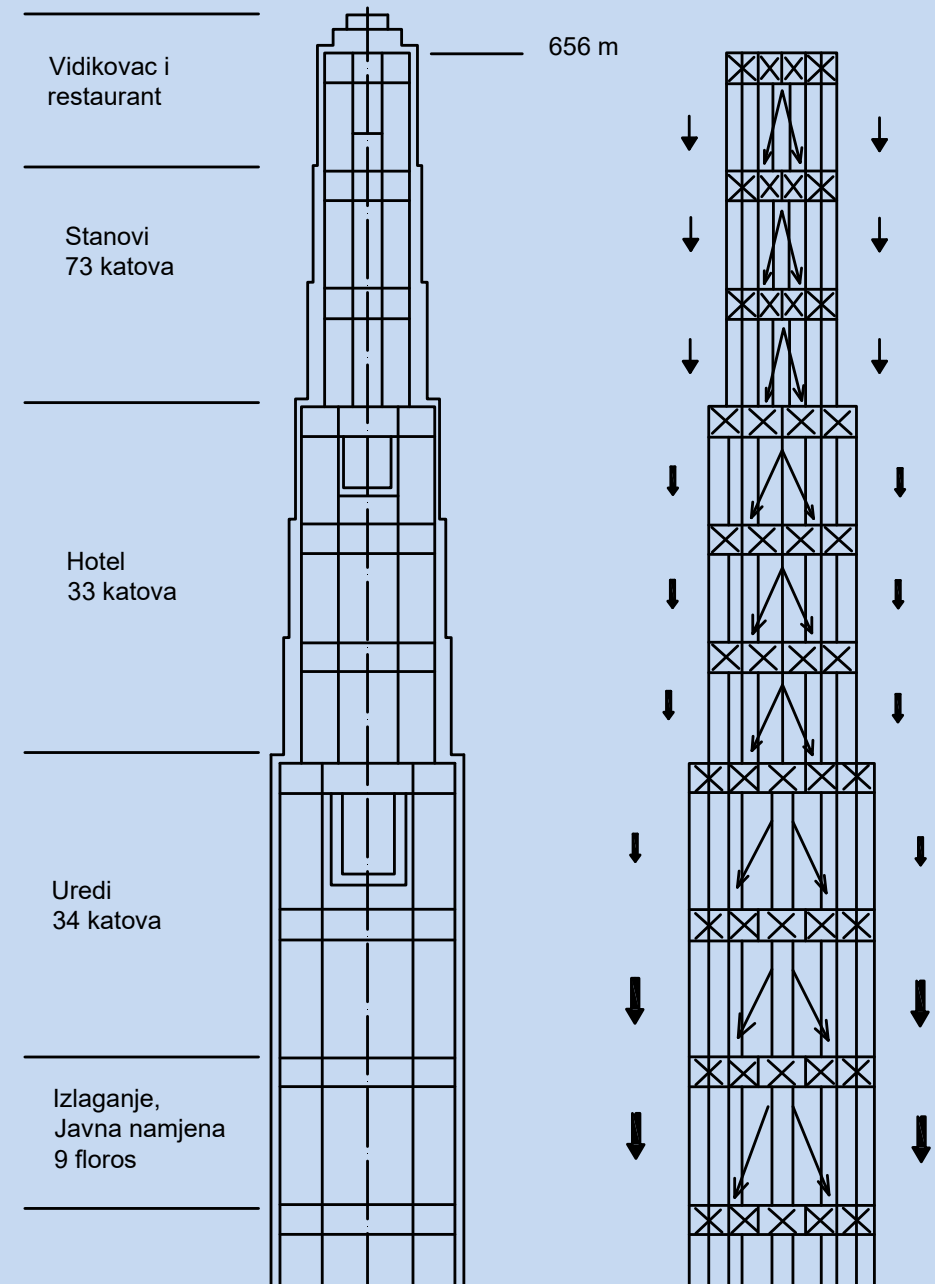
Superokviri ili „Megaokviri”

- Primjer: zgrada superokvira visine 170 katova (656 m)
- Konstrukcijska djelotvornost proizlazi iz koncentracije nosivih elemenata u kutove zgrade.
- Svaka od nogu izvedena je kao rešetkasti nosač i kruta je unutar svoje ravnine.
- Da bi noge zajednički djelovale poput ekvivalentne konzole potrebne su vrlo snažne horizontalne veze koje se postavljaju svakih 20-ak etaža i imaju visinu od nekoliko etaža. I one se također izvode u obliku rešetki.



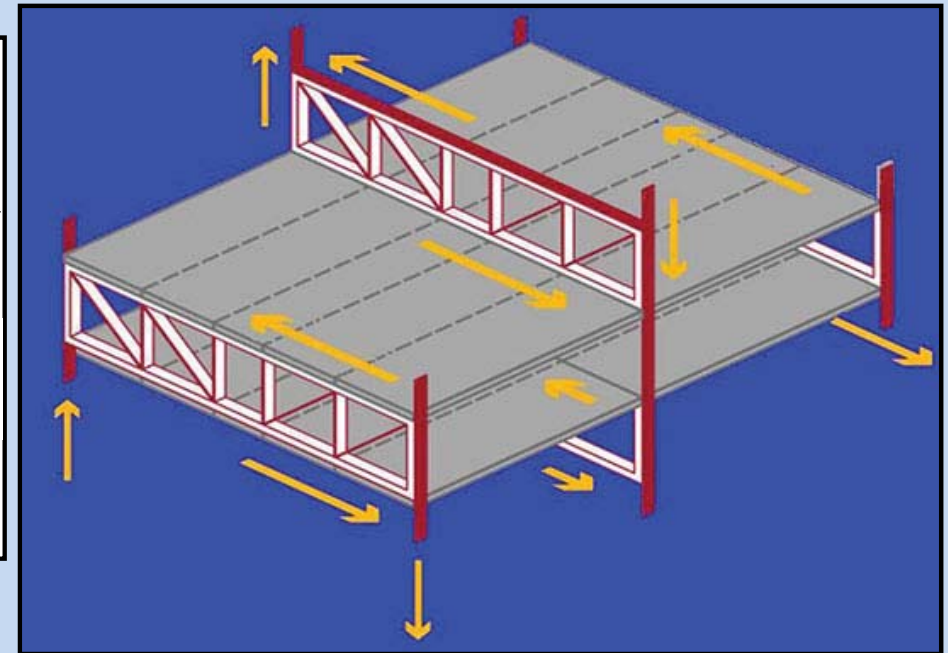
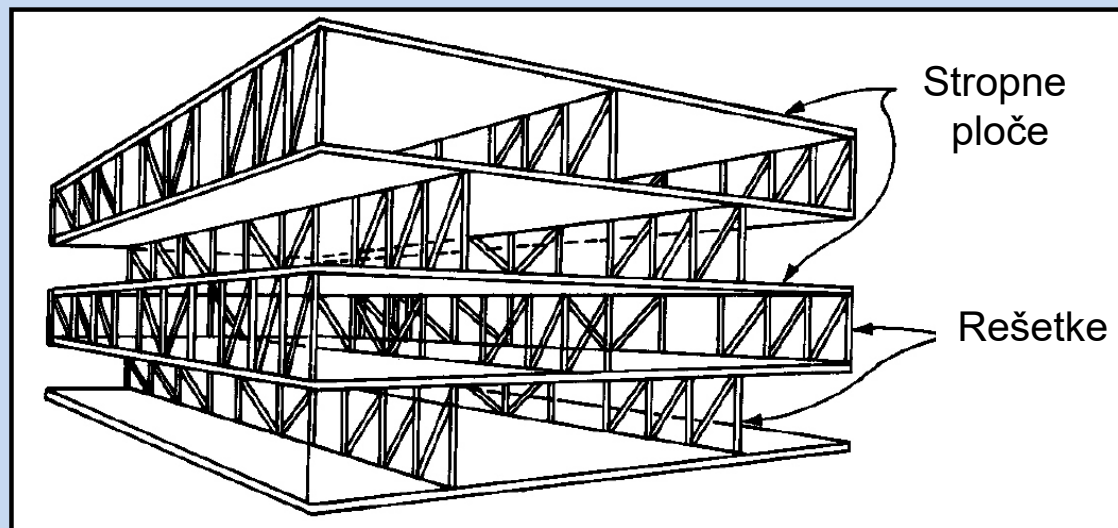
Super okviri ili „Mega okviri”

- Na slici se mogu vidjeti različite namjene iste zgrade od dna prema vrhu.
- Tlocrt se mijenja od površine 88x88 m u razini tla, do 44x44 m na vrhu, i namjena svakog dijela je prilagođena dostupnoj površini.
- Promjenjiva površina pomaže i u smanjenju horizontalnog opterećenja od vjetra na vrhu.
- Prijenos vertikalnih opterećenja se odvija preko horizontalnih rešetki, tako da se opterećenje sa unutarnjih stupova prenosi na vanjske stupove superokvira – unutarnji stupovi mogu ostati konstantnih dimenzija



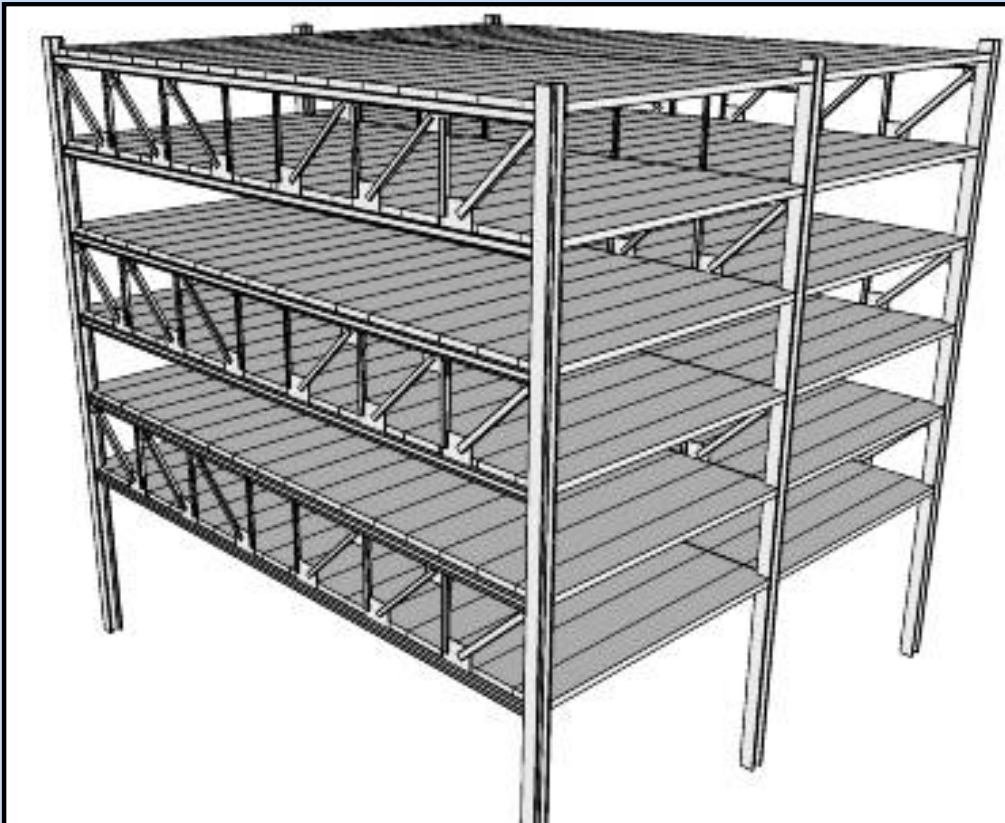
Raspoređeni sustav rešetki (eng. Staggered truss system)

- Sustav se sastoji od rešetkastih nosača visine jedne etaže spojenih sa vanjskim stupovima.
- Zbog funkcionalnosti prostora rešetkasti nosači se postavljaju naizmjenice na svaku drugu etažu.
- Osnovna ideja je da se horizontalna sila preko krute međukatne konstrukcije prenosi na rešetke



Raspoređeni sustav rešetki (eng. Staggered truss system)

- Stupovi se postavljaju na vanjske fasade i djeluju kao pojasevi rešetke koju čini čitava zgrada. Hrptovi te rešetke su raspoređeni sustavi horizontalnih međуетаžnih rešetki.
- Sustav se koristi za zgrade do 40 katova



Raspoređeni sustav rešetki (eng. Staggered truss system)

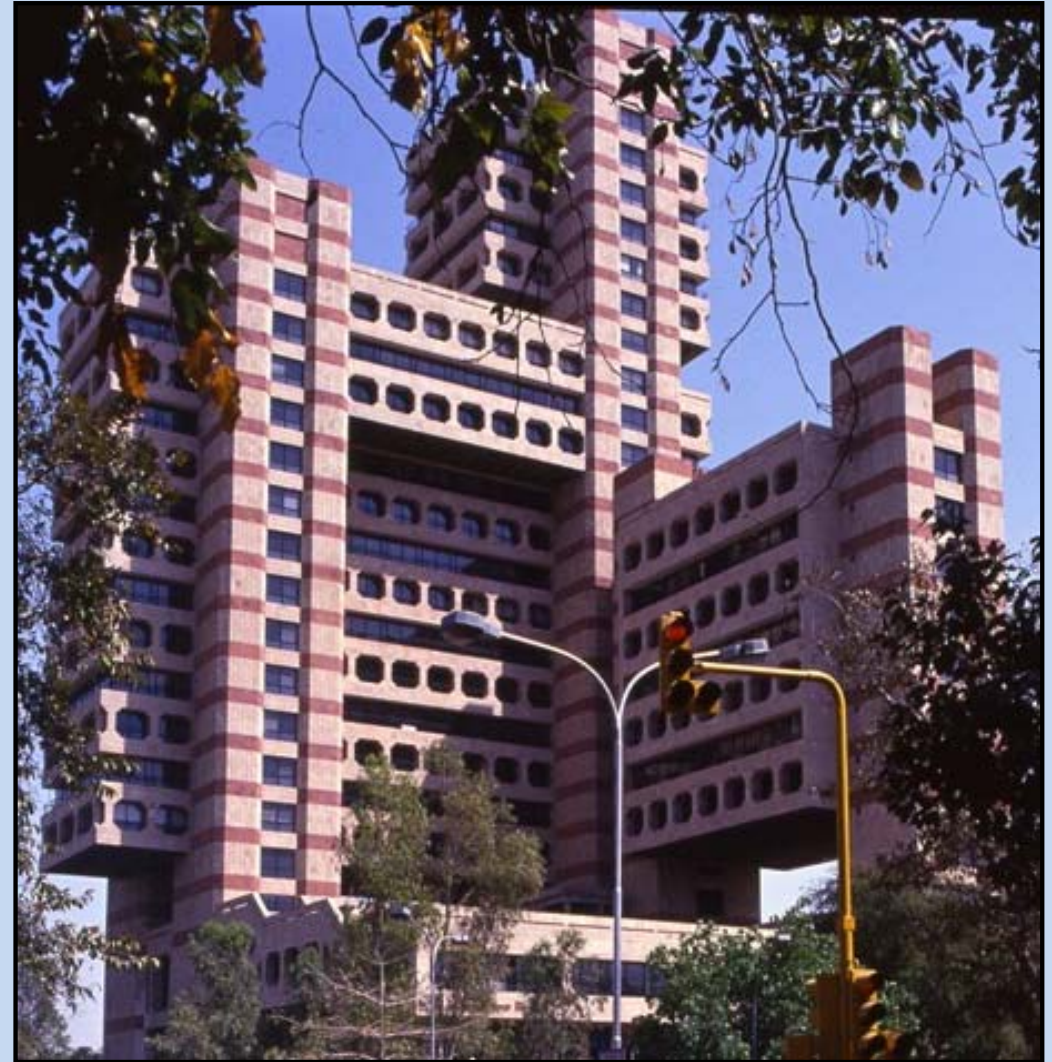
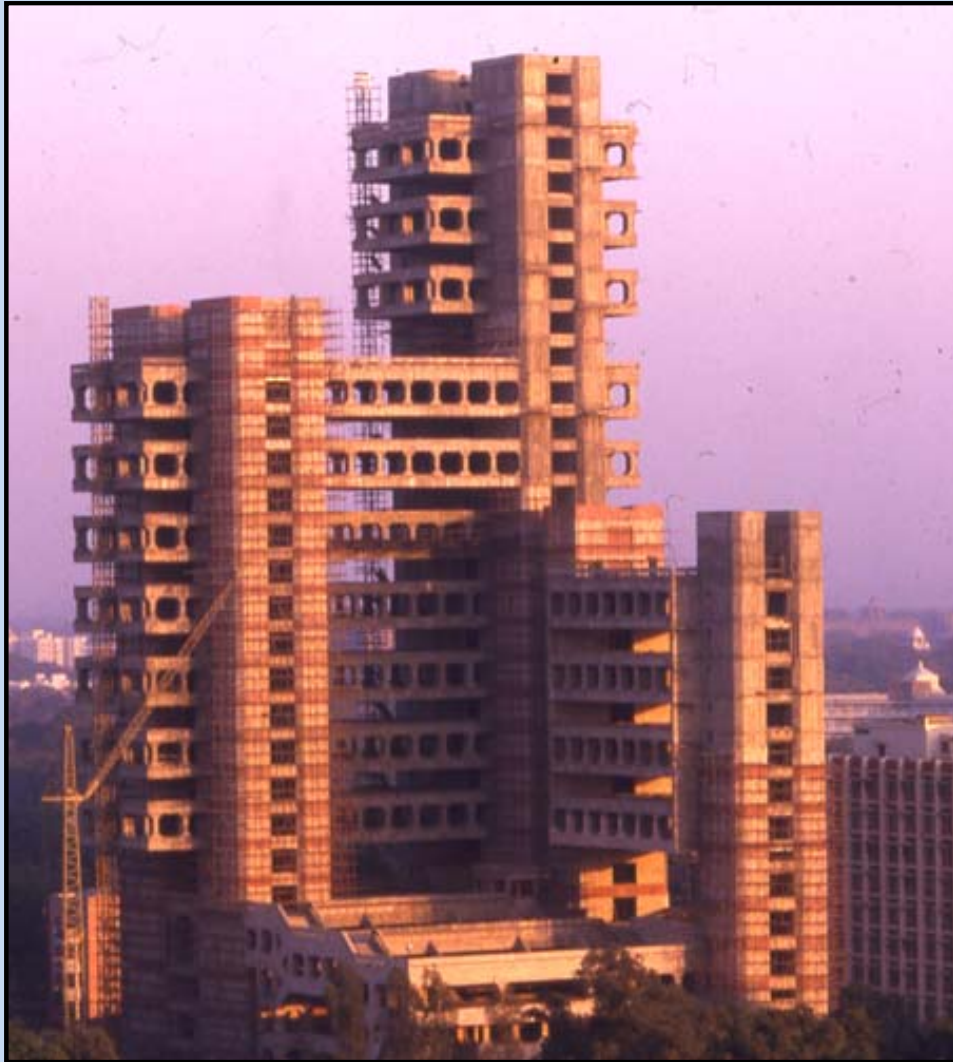
➤ Prednosti ovog sustava:

- veliki otvoreni prostori unutar svake etaže
- male visine međukatnih konstrukcija (debljine ploče)
- temelji su raspoređeni samo po obodu zgrade i ne moraju biti velikih dimenzija (trakasti temelji)
- mali pomaci zgrade zbog velike krutosti rešetke čitave zgrade
- većina unutarnjih sila su samo uzdužne sile što znači da čelični elementi ne moraju biti velikih dimenzija
- brza izvedba



Raspoređeni sustav rešetki (eng. Staggered truss system)

- Poznato je i korištenje sustava horizontalnih rešetki za povezivanje jezgri.
- Rešetke na prikazanoj slici čak nisu niti prave rešetke nego Vierendeel nosači



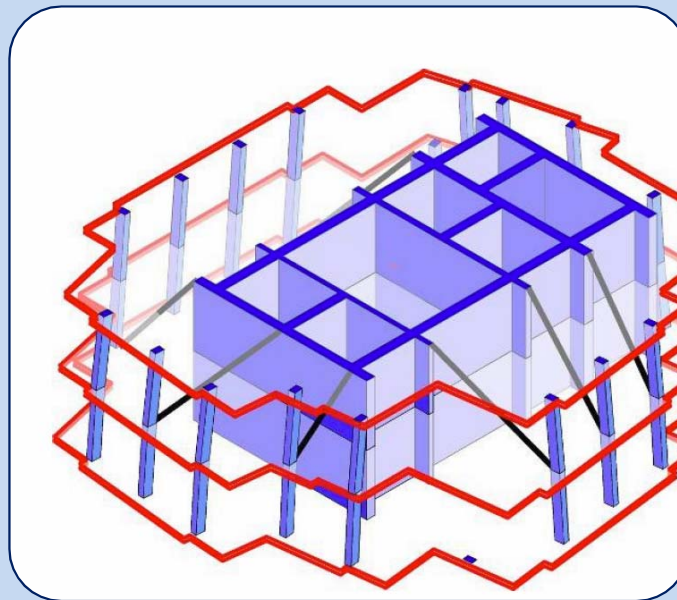
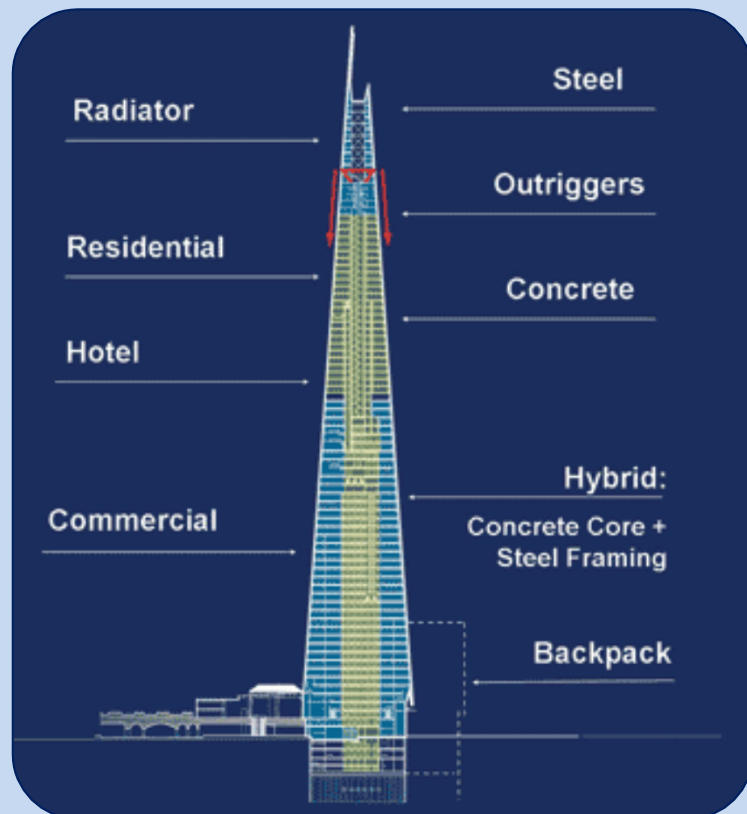
Kombiniranje gradiva – sustavi sa spregnutim elementima

- Miješane konstrukcije od čelika i betona danas su uobičajene
- Moguće kombinacije gradiva ostvaruju se u smislu:
 - kombiniranja ukrutnih sustava iz različitih gradiva – npr. betonska jezgra i vanjska čelična cijev
 - sprežanja elemenata od različitih gradiva (čelik-beton) unutar istog ukrutnog sustava – npr. spregnute spojne grede u sustavu povezanih zidova, betonom obloženi (ili ispunjeni) čelični stupovi i grede okvira, spregnute međukatne konstrukcije...
- Beton se koristi u onim dijelovima nosivog sustava gdje njegove prednosti dolaze do izražaja – velika tlačna čvrstoća, monolitnost koja osigurava spojeve za prijenos momenta savijanja, a nerijetko i svojstva zaštite čelika od požara ili korozije
- Čelik se koristi u dijelovima sustava gdje prevladavaju vlačne uzdužne sile (spregovi, vanjski outrigger stupovi...) ili gdje je ograničena raspoloživa visina međukatne konstrukcije, a potrebni su veliki rasponi (veliki slobodni uredski prostori) jer za čelične ili spregnute grede vrijedi veći odnos L/H

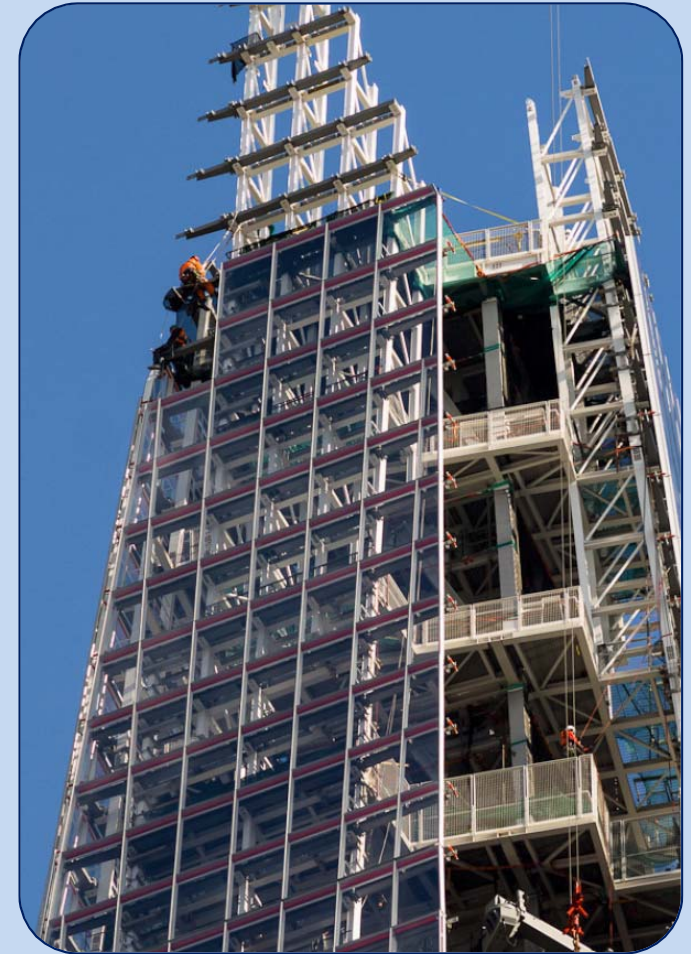
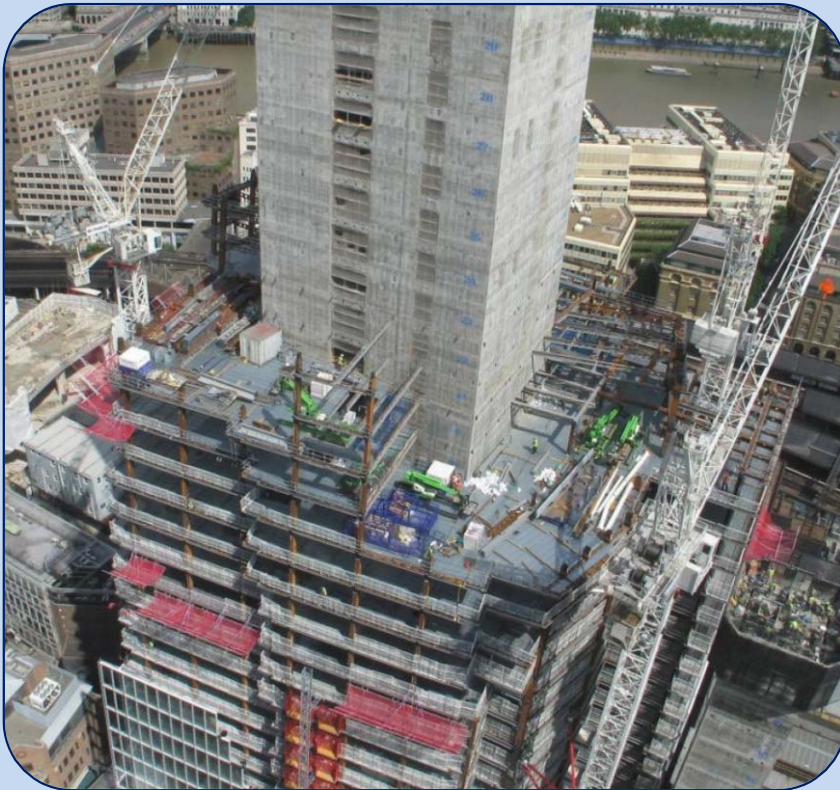
Najveće nebudere danas više nije moguće izvesti upotrebom samo jednog materijala!

The Shard, 2012, London, 87 katova, 310 m

- donji i gornji dio izvedeni iz čelika, središnji iz betona
- Konstrukcijski sustav je mješavina
 - betonske jezgre i vanjske čelične cijevi od krutog okvira (donji dio)
 - betonske jezgre i posmičnih zidova (središnji betonski dio)
 - betonske jezgre i čel. outrigger sistema (gornji dio)

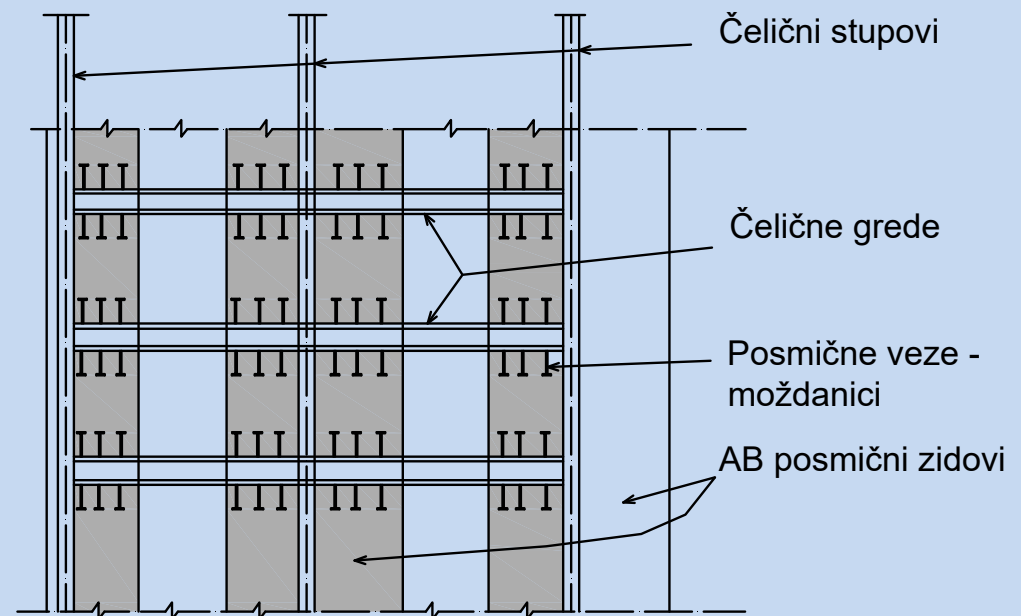
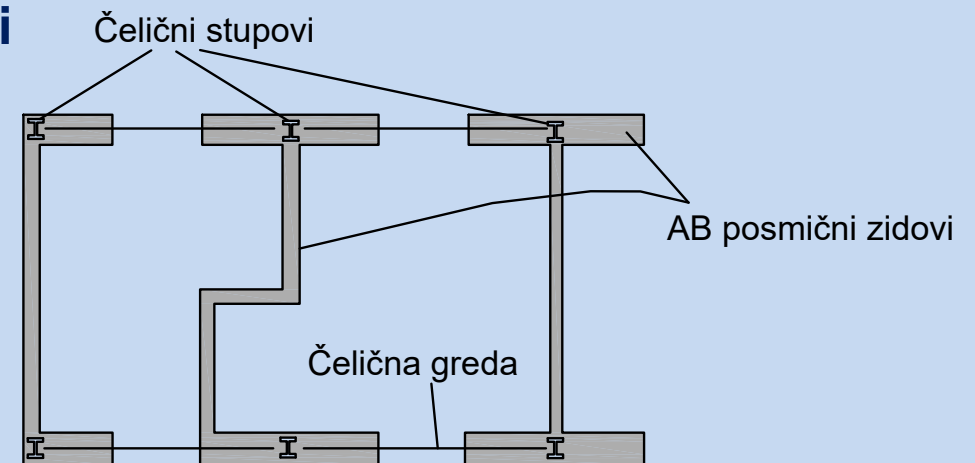
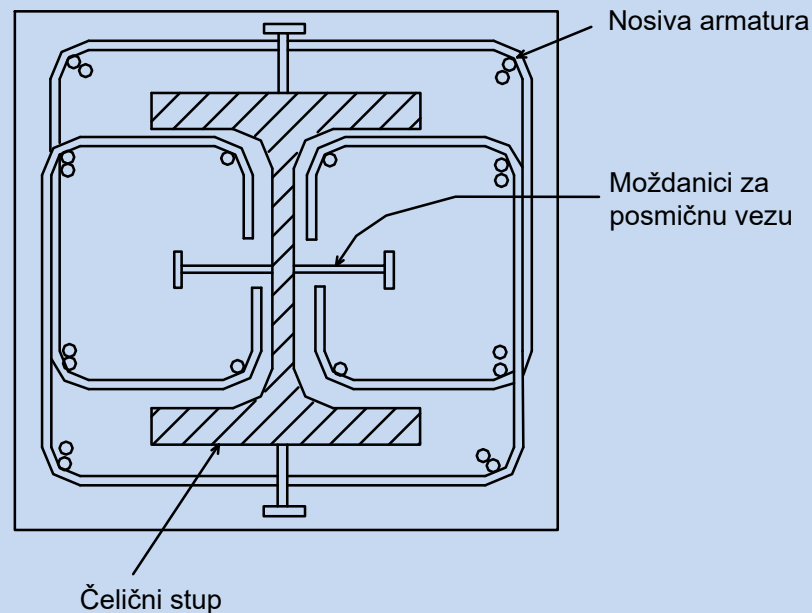
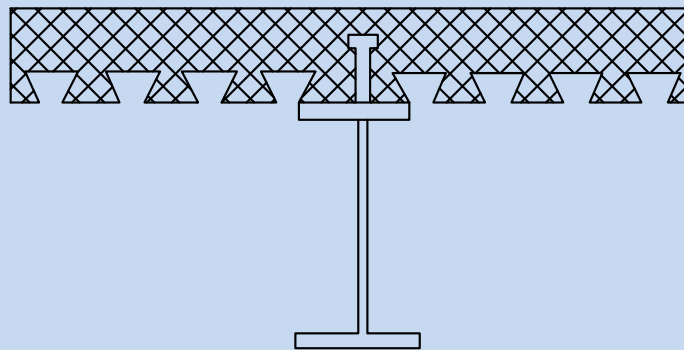


The Shard, 2012, London, 87 katova, 310 m

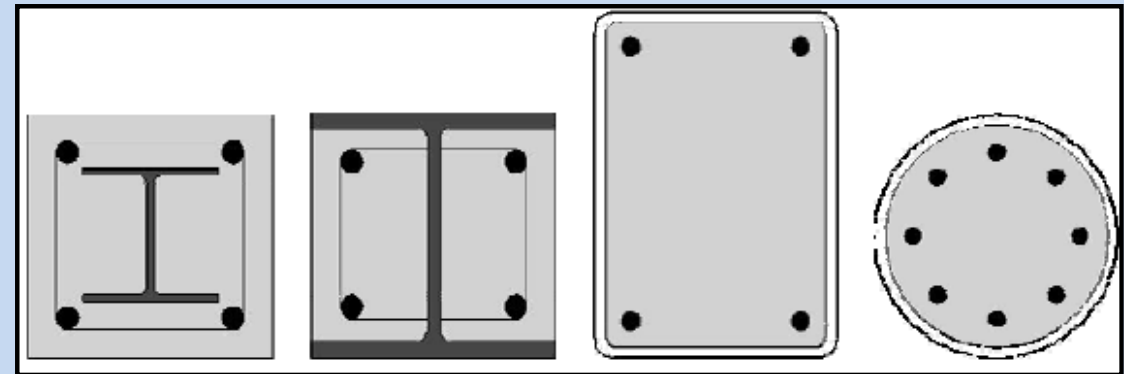
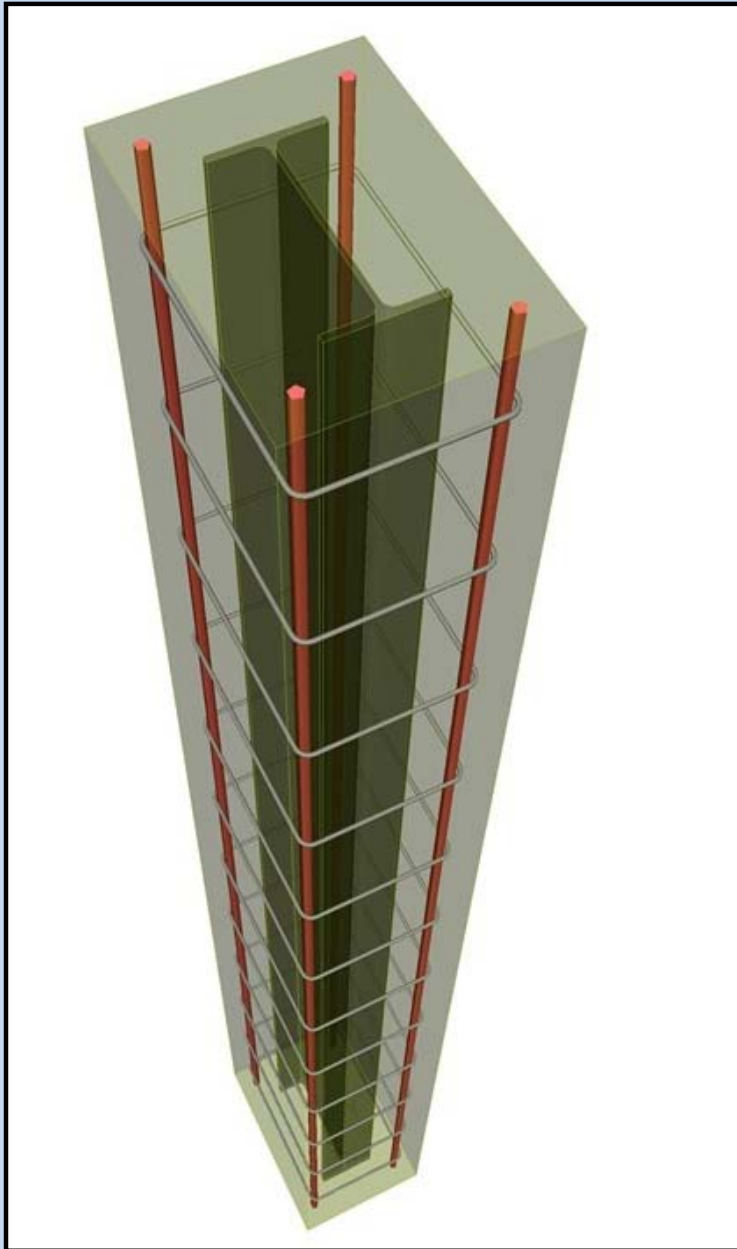


Hibridni sustavi | Kombiniranje gradiva – spregnuti sustavi

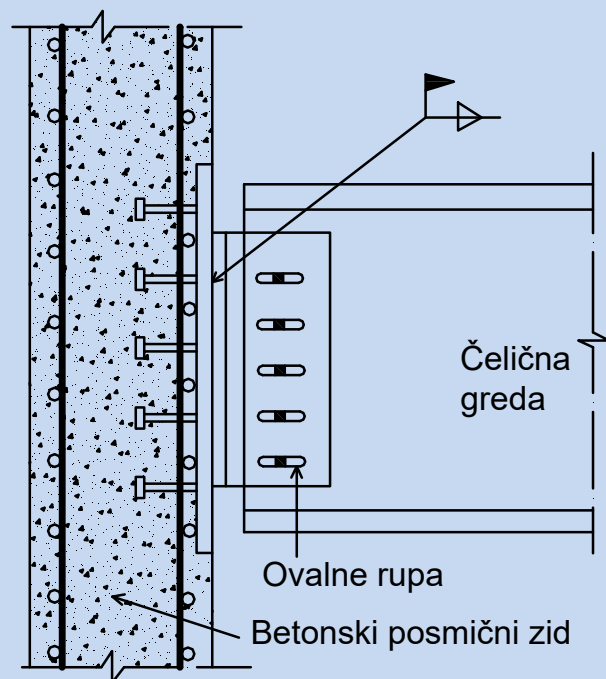
- Sprezanje čeličnog i betonskog dijela presjeka pojedinog elementa unutar sustava
- Povećanje nosivosti i ekonomična i brža izgradnja
- Spregnute: ploče, nosači, stupovi, zidovi



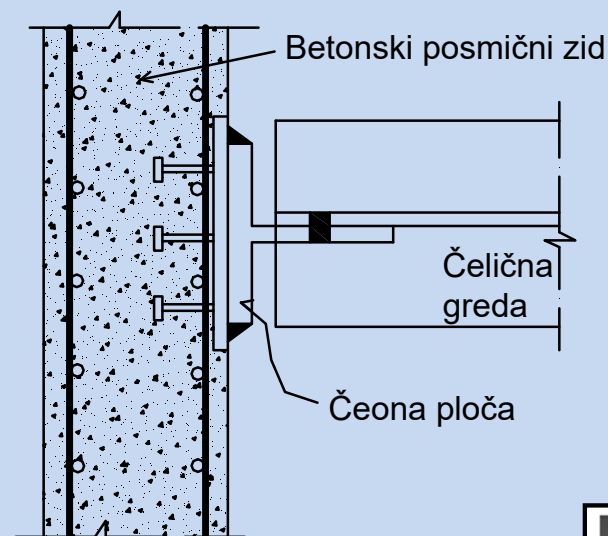
➤ Spregnuti stupovi



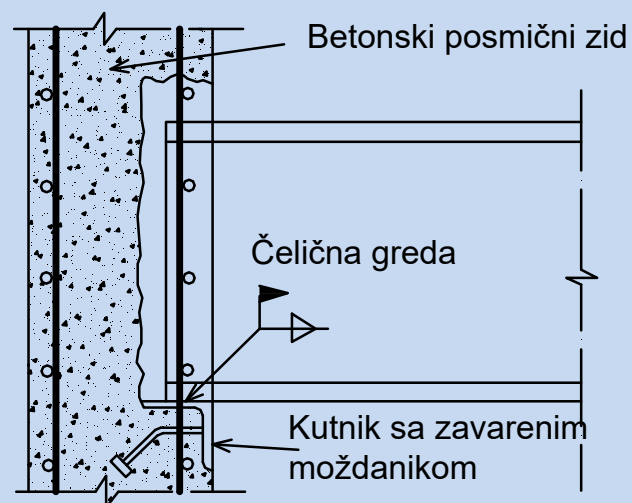
➤ Prikaz nekih oblika sprezanja čelik-beton i izvedbenih detalja



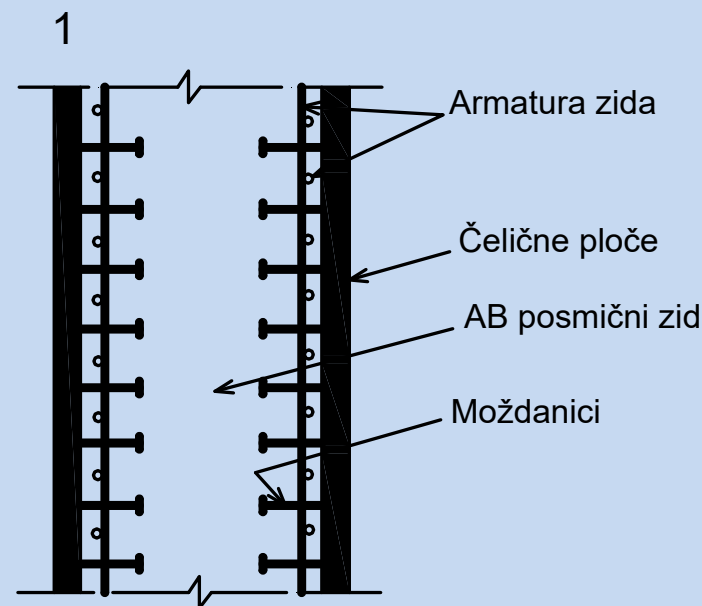
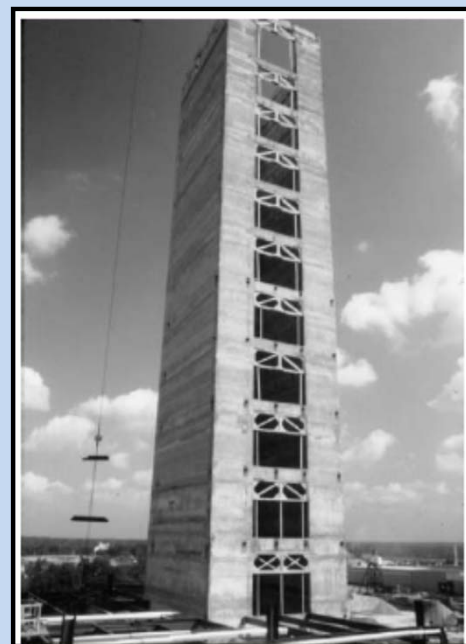
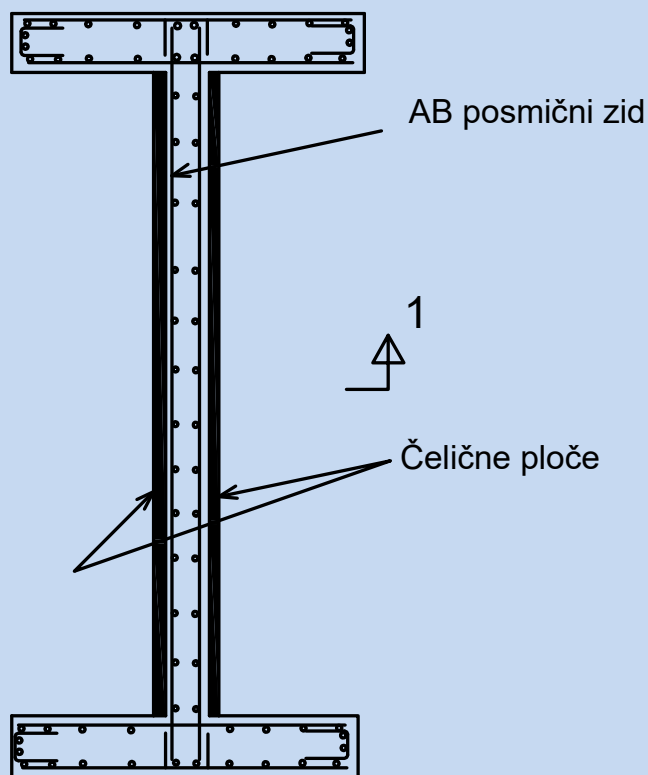
PRESJEK

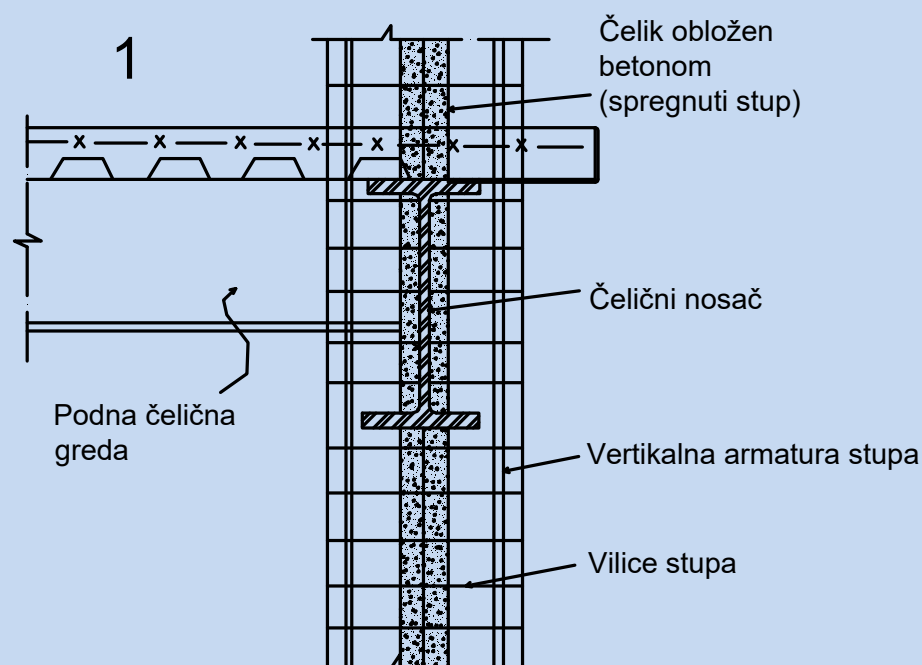
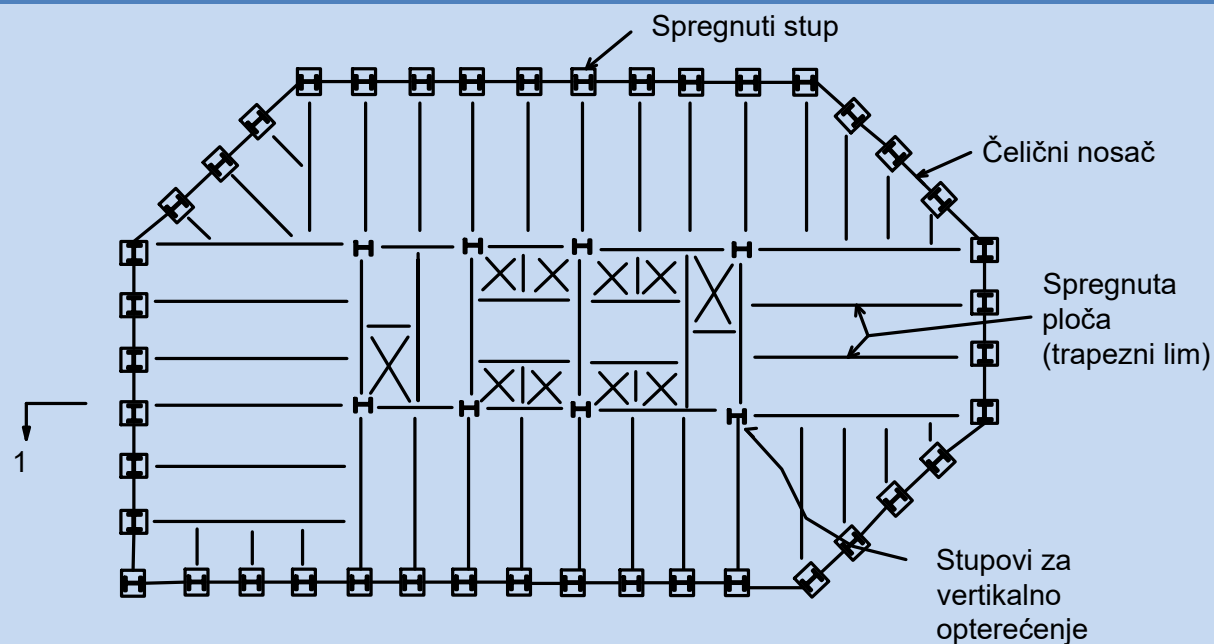


TLOCRT

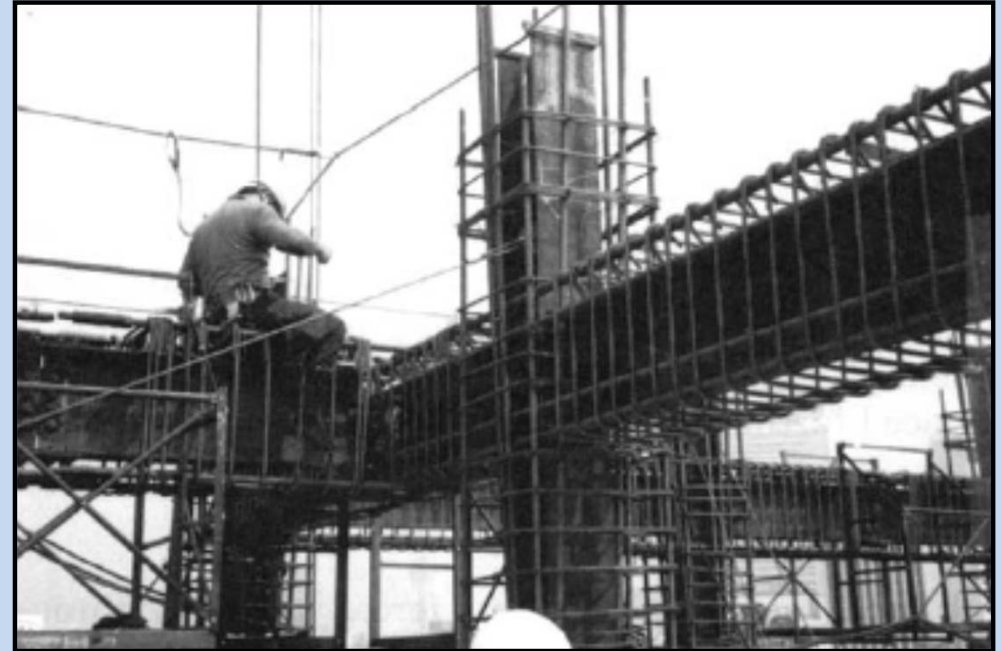


➤ Prikaz nekih oblika sprežanja čelik-beton i izvedbenih detalja



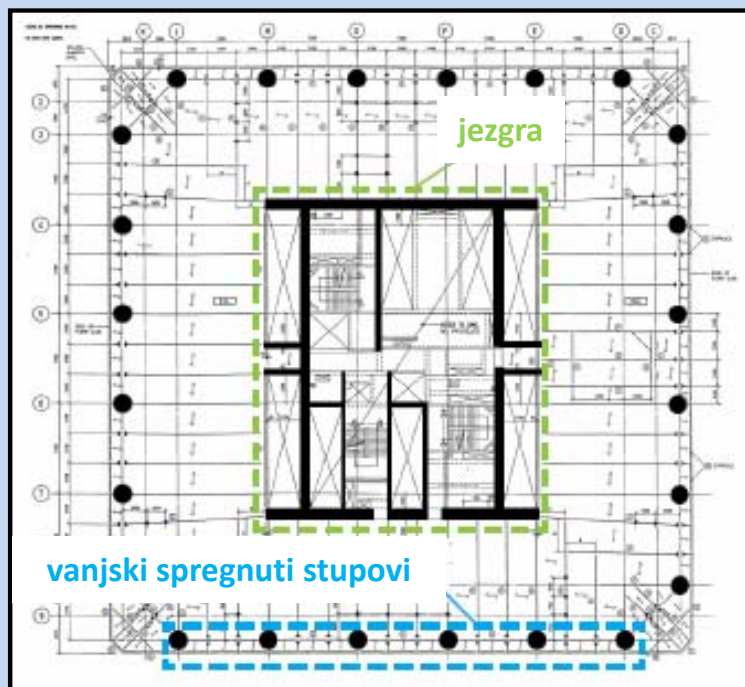


➤ Prikaz nekih oblika sprežanja čelik-beton i izvedbenih detalja



Cheung Kong Center, Hong Kong, 283 m

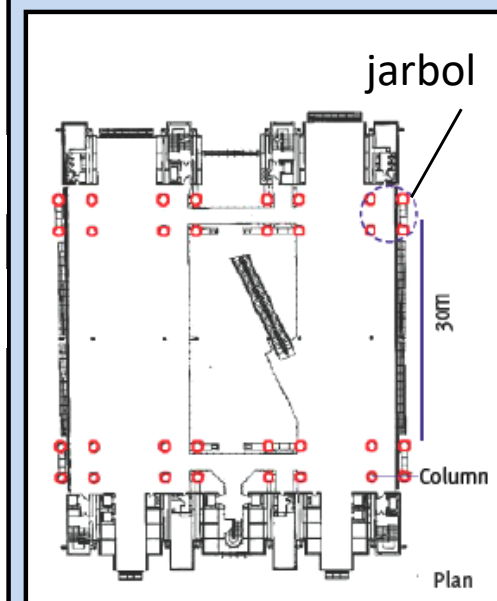
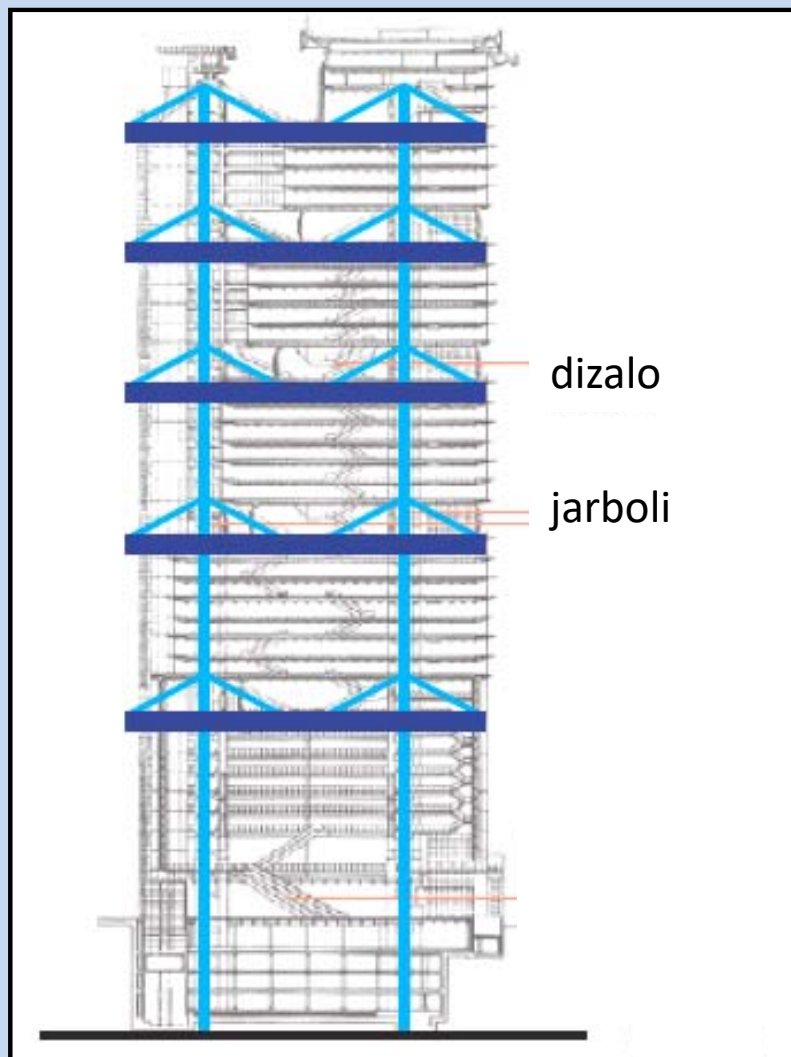
- Sistem složen od unutarnje betonske jezgre i vanjskih spregnutih stupova (čelični nosač obložen betonom), međusobno povezanih outrigger rešetkama



Neobični sistemi

HSBC Headquarters, Hong Kong, 179 m, 44 katova

- Nosivi sistem nazvan „Egzoskeletni rešetkasti okvir” – stropne ploče su obješene pomoću rešetkastih zatega na 8 jarbola koji prenose vertikalne sile do temelja
- Postignuto je veliko slobodno područje bez stupova



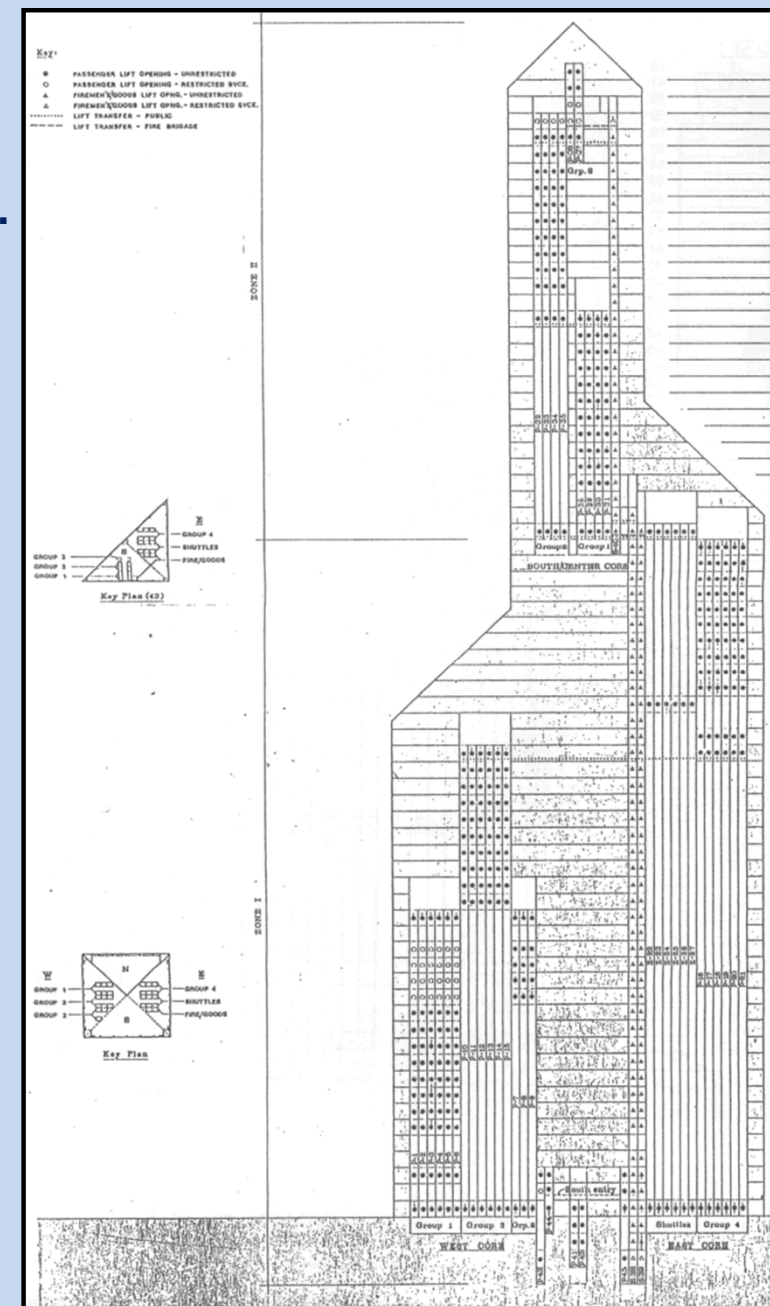
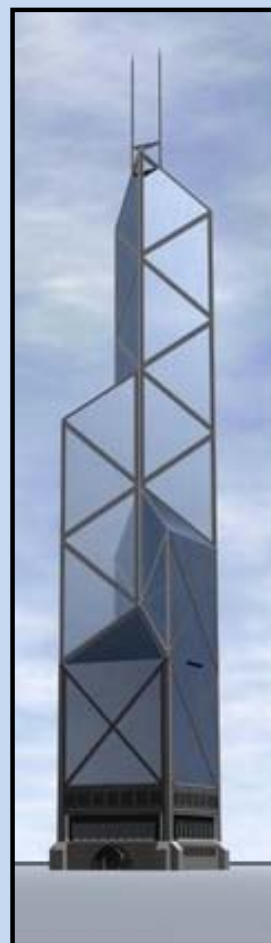
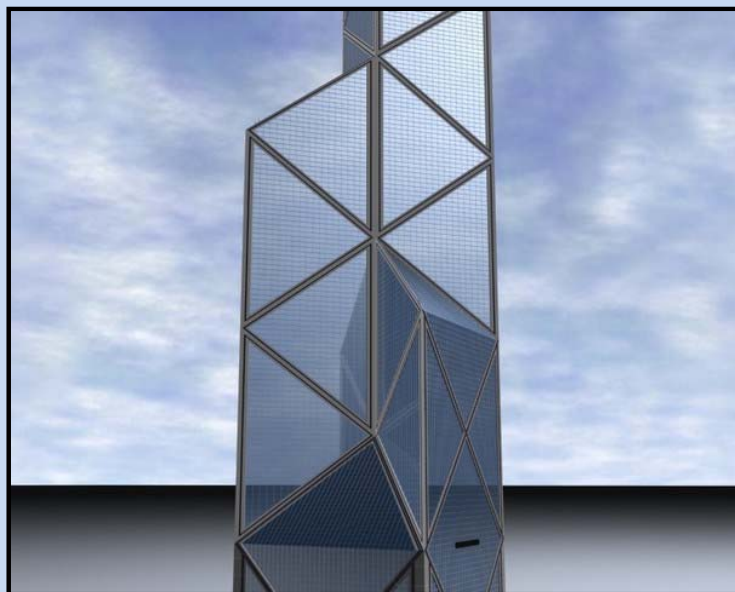
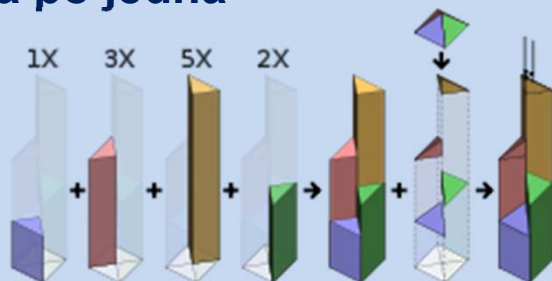
HSBC Headquarters, Hong Kong, 179 m, 44 katova

- Nosivi sistem nazvan „Egzoskeletni rešetkasti okvir” – stropne ploče su obješene pomoću rešetkastih zatega na 8 jarbola koji prenose vertikalne sile do temelja
- Postignuto je veliko slobodno područje bez stupova



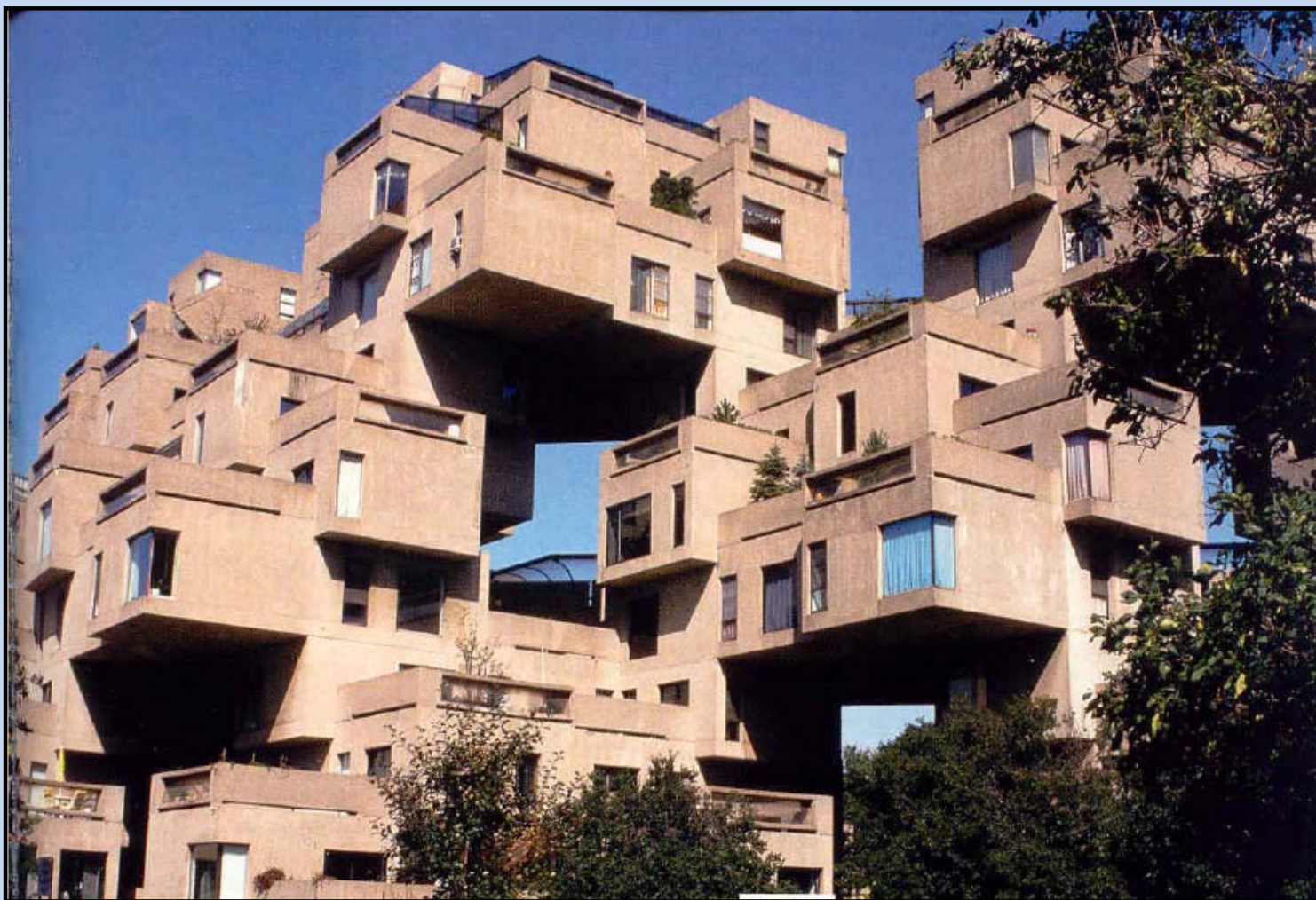
Bank of China, Hong Kong, 367 m, 72 katova

- Nosivi sistem je složena prostorna vertikalna rešetka
- Tlocrtno se mogu uočiti trokutni rasteri koji dimenzionalno odgovaraju poljima rešetke iz pogleda.
- Ovi trokutni dijelovi u tlocrtu su zapravo pojedine „cijevi” rešetke koje prema vrhu nestaju iz tlocrta jedna po jedna



Habitat67, Montreal

- za Svjetsku izložbu u Montreal-u (Kanada)
- 354 pojedinačnih predgotovljenih betonskoj jedinica, međusobno povezanih naknadno prednapetim kabelima
- ukupno sadrži 158 stanova



Prijedlog projekta urbanih vila, New York



- Santiago Calatrava predložio je projekt 12 staklenih urbanih vila na East River-u
- Calatrava: „oblik ne slijedi funkciju, nego funkcija slijedi oblik“
- svaki stan je kvadratnog tlocrta 14 x14 m, priključen na središnju vertikalnu jezgru, visine 255 m
- svaka kocka je konzolno istaknuta od vertikalne rešetke jezgre i sadrži terase i vrtove na cijelom katu
- dva vanjska tanka stupa (šiljka) povezuju kocke uzduž suprotnih vanjskih zidova
- zgrada je trebala biti dovršena 2007, a cijena svakog stana trebala je biti 30 milijuna dolara

Residence Antilia zgrada, Mumbai – Indija, 173 m, 27 katova, 2008.

- stambena zgrada za najbogatije Indijce i najskuplja stambena zgrada na svijetu (oko 1 milijarda dolara)



Residence Antilia zgrada, Mumbai – Indija, 173 m, 27 katova, 2008.



Residence Antilia zgrada, Mumbai – Indija, 173 m, 27 katova, 2008.



CCTV Headquarters, Beijing China, 234 m, 54 katova, 2012

- dva tornja „L“ oblika spojena gore i dolje u obliku slova „Z“
- cijena 750 milijuna dolara



- Dva tornja povezana su u gornjem dijelu (gornjih 15 etaža) sa velikim konzolama.
- U donjem dijelu (prvih 10 etaža) tornjevi su također povezani sa baznim elementima.
- Zgrada ima vrlo složena trodimenzionalna stanja prijenosa sila i dinamički je vrlo osjetljiva i na horizontalne i na vertikalne pobude.
- Zbog toga su bila potrebna vrlo detaljna ispitivanja u vjetrovnim tunelima.

CCTV Headquarters, Beijing China, 234 m, 54 katova, 2012



- Tornjevi su međusobno nagnuti za 6 stupnjeva
- Vrlo zahtjevni proračuni stabilnosti tijekom faza gradnje
- Tlocrtno zgrada zauzima površinu 160 x 160 m, a površina samih tornjeva je 40 x 60 m i 52 x 42 m
- Međukatne konstrukcije su oslonjene na unutarnjim jezgrama
- Vanjska cijev za preuzimanje horizontalnih utjecaja je diagrid mreža sa stupovima
- Stupovi su promjenjivih dimenzija prema unutra proizašlih iz složenog stanja ponašanja vanjske cijevi
- Dijagonale diagrida su sve čelični nosači 100 x 60 cm ali promjenjivih debljina limova
- Zgrada prenosi opterećenje pretežno svojim složenim oblikom

Regatta Hotel „The Icon”, Jakarta - Malazija

- Regatta Hotel kompleks, Jakarta
- investitor je želio „nautičku temu“
- 10 manjih tornjeva predstavljaju jedrilice a visoka zgrada „svjetionik“
- izvedba ide u 3 faze – marina, 10 stambenih zgrada i konačno hotel „The Icon“



Russia Tower, Moskva, 648 m, 118 katova

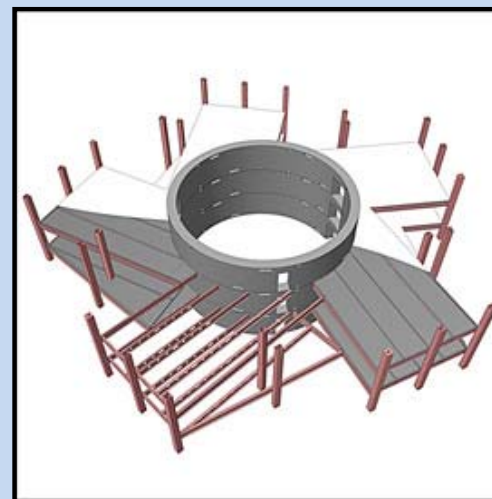


- trebao je biti najveća zgrada u Europi dva puta viša od Eiffelovog tornja
- izgradnja započela 2007, a završetak je bio planiran 2012
- izgradnja zaustavljena 11.2008., a 2009. projekt je službeno otkazan
- ukupna površina zgrade bila bi 520.000 m², 38% (oko 200.000 m²) podzemno
- toranj sa 118 katova, 101 lift i podzemnom garažom za 3.680 vozila
- ukupni kapacitet zgrade bio je planiran na oko 30.000 ljudi

Okhta Tower, Petrograd, 403 m, 77 katova, 2017.



- glavni ured naftne tvrtke Gazprom Neft
- neboder će mijenjati boju 10 puta dnevno, ovisno o položaju sunca
- ekološki jedna od najodrživijih zgrada na svijetu
- ekološki osviještene značajke istaknute su u dvostrukoj staklenoj ljuski s atrijima smještenim između vanjskih i unutarnjih zidova za prirodnu ventilaciju, unutrašnje osvjetljenje i termičku zaštitu od jake ruske zime
- uključeni su i specijalni sustavi za vodu, grijanje i ventilaciju za smanjenje energetske potreba zgrade



Penang Global City Centre, otok Penang, Malezija, 200 m



- na parceli od 1,9 km² dva tornja ikone, visine 200 m
- za dovršetak projekta, izgleda sci-fi grada, trebat će najmanje 15 godina projekt je naišao na veliku oporbu i pitanje je da li će ikad doći do izvedbe
- shopping centar: 400.000 m²
- konferencijski centar: 100.000 m²
- kulturni centar: 75.000 m²
- hoteli: 50.000 m²
- stanovi: 62.000 m²
- uredski prostori: 23.000 m²
- vidikovac: 1.500 m²
- parkiralište: 184.000 m²

Penang Global City Centre, otok Penang, Malezija, 200 m



Curitiba Tower, Brazil, 11 katova



- svaki stan zauzima cijelu etažu
- svaka etaža od 280 m² može se zaokrenuti za 360° svakog sata
- središnja betonska jezgra služi kao potpora i os rotacije

Burj Dubai, Dubai, 818 m, 160 katova



Burj Dubai, Dubai, 818 m, 160 katova

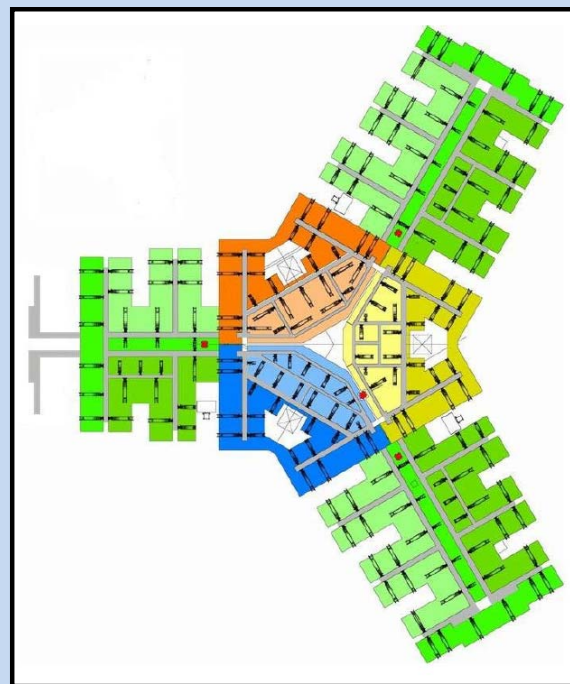


- projekt: Skidmore, Owing & Merrill (SOM) Chicago
- arhitekt: Adrian Smith
- najviša građevina, građevina s najviše katova, najviši liftovi na svijet, najbrži liftovi na svijetu (18 m/s), najviše vertikalno pumpanje betona za zgrade (601 m), najviša zgrada u povijesti za stanovanje
- unutrašnjost je oblikovao Giorgio Armani, čiji hotel zauzima donjih 37 katova
- cijena: oko 4,1 milijarde dolara
- cijena uredskog prostora: 43.000 US\$/m²
- cijena stanova: 37.500 US\$/m²
- projekt Burj Dubai tornja zasniva se na uzorcima sustava islamske arhitekture s otiskom građevine sa tri resice, temeljenom na apstraktnoj verziji cvijeta hymenocallis

Burj Dubai, Dubai, 818 m, 160 katova



- toranj čine tri elementa posložena oko središnje jezgre
- porastom u visinu svaki element se smanjuje u obliku spiralnog uzorka
- izvedeno je 26 terasa
- na vrhu se pojavljuje središnja jezgra oblikovana kao završni šiljak
- katovi su u tlocrtu Y-oblika, čime je postignuto da se Perzijski zaljev maksimalno dobro vidi



Burj Dubai, Dubai, 818 m, 160 katova



- tijekom procesa projektiranja inženjeri su zaokrenuli zgradu za 120° od prvobitne dispozicije, da smanje opterećenje od dominantnih vjetrova
- horizontalni pomak vrha tornja iznosi 1,2 m
- izgradnja 2004 – 2009.
- glavni izvođači: Samsung Engineering & Construction, Besix i Arabtec

Burj Dubai, Dubai, 818 m, 160 katova



Al Burj (Nakheel Tower), Dubai, 1400 m



- futuristički superneboder, visine 1.400 m
- izgradnja je još uvijek odgođena
- originalni projekt: Pei Partnership Architects
- preprojektirani neboder zadržao je osnovni oblik – tri tornja povezana sa mostovima na raznim visinama, dva jednaka šiljka (spire) i jedan niži s velikim vanjskim bazenom na vrhu

Al Burj (Nakheel Tower), Dubai, 1400 m



- najnoviji projekt arhitekta Woods Bagota predviđa jedan toranj visine 1.400 m, koji čine 4 cijevi sa zasebnim jezgrama oblikujući radijus od oko 100m
- tornjevi će biti povezani po opsegu četverokatnim zgradama (sky buildings)
- na razinama svakih 25 katova ti mostovi će konstrukcijski povezati tornjeve
- predviđeno je 156 liftova, koji će omogućiti dizanje do vidikovca za 4 minute